

VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

FAKULTA STROJNÍ

KATEDRA ROBOTIKY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra robotiky

Dokovací stanice pro robot ABB IRB 14000 -YuMi

Docking Station of the Robot ABB IRB 14000 - YuMi

Student:

Marek Mihálik

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Tomáš Kot, Ph.D.

Ostrava 2019

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra robotiky

Zadání bakalářské práce

Student: **Marek Mihálik**
Studijní program: ^{*} B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2301R013 Robotika
Téma: Dokovací stanice pro robot ABB IRB 14000 – YuMi
Docking Station of the Robot ABB IRB 14000 - YuMi
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Navrhnete technické řešení dokovací stanice robotu ABB IRB 14000 – YuMi s možností nastavení horizontální polohy robotu.
2. Jednotlivá variantní řešení dokovací stanice vhodně dokumentujte a vybranou variantu řešení rozpracujte do úrovně detailního 3D modelu, včetně výkresové dokumentace, výrobních výkresů vybraných dílů a specifikace nakupovaných komponent.
3. Práci též doložte v elektronické podobě ve formátu MS Word a souborů systému Creo.

Seznam doporučené odborné literatury:

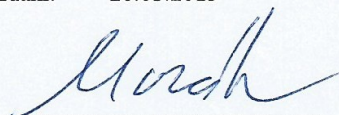
1. Skařupa, J., Zelina P. *Navrhování a výpočty efektorů PRaM*. 1. vyd. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, 1996. ISBN 80-7078-304-4 (brož.)
2. Skařupa, J., Zelina P. *Hlavice průmyslových robotů*. 1. vyd. Ostrava : Vysoká škola báňská, 1993. ISBN 80-7078-210-2 (brož.)
3. Moravec V., Havlík J. *Výpočty a konstrukce strojních dílů*. Skriptum VŠB-TU Ostrava. 2005. 64 s. ISBN 80-248-0878-1.
4. Kaláb K. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře - Části pohonů strojů*. Skripta VŠB-TU Ostrava, Ediční středisko VŠB-TU Ostrava. Ostrava. 2008. ISBN 978 – 80 – 248 – 1860 - 3.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Tomáš Kot, Ph.D.**

Datum zadání: 21.12.2018

Datum odevzdání: 20.05.2019



prof. Dr. Ing. Petr Novák
vedoucí katedry



prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji závěrečnou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou bakalářskou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona).
- Bude-li požadováno, jeden výtisk této bakalářské práce bude uložen u vedoucího práce.
- S VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona.
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že – podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů – že tato bakalářská práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě:

.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Marek Mihálik

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Dolná Mariková 791, 018 02

ANOTACIA BAKALÁRSKEJ PRÁCE

MIHÁLIK, M. *Dokovací stanice pro robot ABB IRB-14000 YuMi: bakalárska práca.* Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra Robotiky, 2019, 61 s. Vedúci práce: Ing. Kot Tomáš Ph.D.

Bakalárska práca sa zaoberá konštrukčným návrhom dokovacej stanice pre robota ABB IRB YuMi-14000. Cieľom práce je navrhnuť technické riešenie pre robota YuMi s možnosťou nastavenia horizontálnej polohy. Práca vychádza už z existujúceho riešenia pre robota UR 10. Prvá časť práce sa zaoberá popisom robota, analýzou dostupných zariadení pre nastavenie vodorovnej polohy na trhu a stručným opisom aktuálneho riešenia. V druhej časti sú podľa požiadavkového listu navrhnuté tri varianty riešení, z ktorých bola na základe kritériálnej analýzy vybraný vhodný variant. V tretej časti práce je podrobne rozobraný vhodný variant, montáž celej konštrukcie a odhadovaná cena kupovaných i vyrábaných komponentov.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

MIHÁLIK, M. *Docking station of the robot ABB IRB-14000 YuMi: bachelor thesis.* Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Robotics, 2019, 61 p. Thesis head: Ing. Kot Tomáš Ph.D.

The bachelor thesis deals with construction design of a docking station for the robot ABB IRB YuMi-14000. The purpose of this thesis is to design a technical solution for the robot YuMi with the ability to set the horizontal position. The thesis is based on the exist solution for the robot UR 10. The introduction deals with description of the robot, analysis of available systems for horizontal positioning in the market and a brief description of the current solution. In the second part, according to the request sheet, three different solutions are proposed, and the optimal variant is chosen according to a criterion analysis. In the last part of thesis is in detail examined the optimal version, assemble process of the whole construction and estimated pricing of both the purchased and manufactured components.

Pod'akovanie

Chcel by som sa poďakovať môjmu vedúcemu bakalárskej práce Ing. Tomášovi Kotovi, Ph.D. a okrem neho aj Ing. Michalovi Vocetkovi za ich odbornú pomoc a cenné rady pri vypracovaní mojej bakalárskej práce.

Obsah

Zoznam obrázkov	9
Zoznam tabuliek	11
Zoznam použitých značiek a symbolov.....	12
Úvod	13
1 Analýza danej problematiky	14
1.1 Robot YuMi.....	14
1.2 Prieskum trhu – nastavenie horizontálnej polohy	16
1.3 Stavajúce riešenie	20
2 Požiadavkový list.....	22
3 Varianty riešení.....	23
3.1 Variant A	23
3.2 Variant B	24
3.3 Variant C	26
4 Kritériálna analýza	27
5 Rozpracovanie vybranej varianty	30
5.1 Návrh rámu z hliníkového profilu	30
5.2 Spôsob prichytenia k rámu pracoviska.....	31
5.3 Ostatné dôležité diely dolnej časti konštrukcie	33
5.4 Zváraná časť konštrukcie.....	34
5.5 Nastavovanie vodorovnej polohy	36
5.6 Interface.....	36
6 Kontrolné výpočty.....	39
6.1 Výpočet maximálneho sklonu vyrovnávacích podložiek.....	39
6.2 Kontrolné výpočty zvarov	40
7 Montážny postup.....	46
7.1 Montáž interface	46
7.2 Montáž stĺpu a vyrovnávacích prvkov	47
7.3 Montáž pojazdových koliesok.....	48
7.4 Montáž upínacích prvkov	49
7.5 Montáž bočného rámu konštrukcie	50
7.6 Montáž ďalšej časti rámu	51

7.7	Pripojenie interface na prírubu	52
8	Ekonomické zhodnotenie.....	54
8.1	Náklady za prvú podzostavu	54
8.2	Náklady za druhú podzostavu	55
8.3	Náklady za tretiu podzostavu	56
8.4	Náklady za spojovací materiál.....	57
9	Záver.....	58
	Zoznam použitej literatúry	59
	Zoznam príloh	61

Zoznam obrázkov

Obr. 1 Robot YuMi [4]	15
Obr. 2 Geometria pracovného dosahu robota [4]	16
Obr. 3 Dutý silentblok	17
Obr. 4 Silnetbloková vyrovnávací päťka	17
Obr. 5 Guľová vyrovnávací podložka	18
Obr. 6 Skrutka s nastaviteľnou výškou	18
Obr. 7 Ukážka možnej aplikácie	18
Obr. 8 Skrutky s prestaviteľnou výškou s nízkym prevedením	19
Obr. 9 Aplikácia bez kontramaticy	19
Obr. 10 Aplikácia s kontramaticou	19
Obr. 11 Otočná zdvíhacia kladka	20
Obr. 12 Zdvíhacia kladka s polyamidom	20
Obr. 13 Riešenie pre robota UR 10	21
Obr. 14 Upnutie stanice k rámu stroja	21
Obr. 15 Celkový pohľad varianty A	23
Obr. 16 Detailnejší pohľad na nastavenie horizontálnej polohy varianty A	24
Obr. 17 Celkový pohľad varianty B	24
Obr. 18 Detailnejší pohľad na nastavenie vodorovnej polohy varianty B	25
Obr. 19 Celkový pohľad varianty C	26
Obr. 20 Detailnejší pohľad na nastavenie vodorovnej polohy varianty C	26
Obr. 21 Návrh konštrukcie z hliníkových profilov	30
Obr. 22 Vybraný prierez profilu	31
Obr. 23 Uhlové spojky	31
Obr. 24 Prichytenie k rámu automatizovaného pracoviska	32
Obr. 25 Horizontálny upínák technika Destaco 385-L	32
Obr. 26 Rez spojenia základní	33
Obr. 27 Pevné pojadzové koliesko	33
Obr. 28 Otočné pojadzové koliesko	33
Obr. 29 Pohľad na prichytenie kolieska ku konštrukcií	34

Obr. 30 Madlo.....	34
Obr. 31 Stĺp.....	35
Obr. 32 Zváraná časť konštrukcie.....	35
Obr. 33 Nastavovanie horizontálnej polohy	36
Obr. 34 Interface pod robota YuMi	37
Obr. 35 Pripojovacie rozmery YuMi	37
Obr. 36 Rozstupová kružnica vyrovnávacích prvkov.....	39
Obr. 37 Uhol sklonu.....	39
Obr. 38 Výška rovnostranného trojuholníku	40
Obr. 39 Miesto zvaru	41
Obr. 40 Maximálne možné sily pôsobiace na YuMiho	41
Obr. 41 Sklopenie zvarov do pripojovacej roviny.....	42
Obr. 42 Zaťaženie v smere osi x a osi z.....	43
Obr. 43 Veľkosť zvaru t.....	43
Obr. 44 Zaťaženie v ose y ose z.....	44
Obr. 45 Postup montáže interface.....	46
Obr. 46 Postup montáže stĺpu a vyrovnávacích podložiek.....	47
Obr. 47 Montáž otočného kolieska	48
Obr. 48 Montáž upínacích prvkov	49
Obr. 49 Montáž bočných profilov.....	50
Obr. 50 Pokračovanie montáže	51
Obr. 51 Montáž interface	53
Obr. 52 Prvá podzostava.....	54
Obr. 53 Druhá podzostava	55
Obr. 54 Tretia podzostava.....	56

Zoznam tabuliek

Tab. 1 Technické dáta robota YuMi	15
Tab. 2 Rozdelenie bodov medzi kritéria	28
Tab. 3 Rozdelenie úrovni	28
Tab. 4 Priradenie bodov jednotlivým variantom	28
Tab. 5 Percentuálne vyjadrenie bodov pre všetky varianty	29
Tab. 6 Odporúčaný typ spojovacieho materiálu používaný pre robota YuMi.....	38
Tab. 7 Náklady za prvú podzostavu.....	54
Tab. 8 Náklady za druhú podzostavu.....	55
Tab. 9 Náklady za tretiu podzostavu	56
Tab. 10 Náklady za spojovací materiál.....	57

Zoznam použitých značiek a symbolov

Značka	Význam	Jednotka
a	nosný prierez zvaru	[mm]
b	Vzdialenosť	[mm]
c	Vzdialenosť	[mm]
F_g	Gravitačná sila	[N]
F_r	Sila od robota	[N]
F_x	Sila v osi x	[N]
F_y	Sila v osi y	[N]
k	Kritérium	[%]
k_1	Prevodný súčiniteľ	[–]
k_2	Prevodný súčiniteľ	[–]
k_s	Bezpečnosť zvaru	[–]
l	Dĺžka zvaru	[mm]
R_e	Medza klzu	[MPa]
S_v	Plocha zvaru	[mm ²]
t	Odvesna nosného prierezu zvaru	[mm]
W_{0Sv}	Modul prierezu zvaru	[mm ³]
β	Súčiniteľ veľkosti zvaru	[–]
σ_{RED}	Redukované napätie	[MPa]
$\tau_{\perp Fz}$	Napätie v zvaroch	[MPa]
$\tau_{\perp MoFx}$	Napätie v zvaroch	[MPa]
$\tau_{\perp MoFy}$	Napätie v zvaroch	[MPa]
$\tau_{\perp MoFz}$	Napätie v zvaroch	[MPa]
$\tau_{//Fx}$	Napätie v zvaroch	[MPa]
$\tau_{//Fy}$	Napätie v zvaroch	[MPa]

Úvod

V súčasnosti je veľký dopyt po plne automatizovaných pracoviskách. Hlavným dôvodom je nedostatok ľudskej pracovnej sily, čo robí zamestnancov žiadanejšími a tým pádom sa zvyšujú mzdové náklady zamestnávateľov. Preto sa veľmi dynamicky vyvíja kolaboratívna robotika, inými slovami spolupráca človeka s robotom. Účelom tohto vývoja je zvýšenie efektivity, zlepšenie kvality a zníženie nákladov. V poslednom čase sa coboty začínajú využívať už aj v automobilovom priemysle. Okrem vyššie spomínaných výhod sú tieto roboty schopné vykonávať činnosti, ktoré sú pre ľudí fyzicky náročné, nebezpečné a zdraviu škodlivé.

Medzi najznámejšie firmy zaoberajúce sa kolaboratívnou robotikou patria napríklad Universal Robots, Kuka, Fanuc alebo ABB. Práve od výrobcov Universal Robots a ABB pochádzajú roboty UR10 a robot YuMi. Robot UR10 je vhodný pre úkoly s väčšou hmotnosťou (do 10 kg). Využíja sa pri balení, paletizácii alebo montáži. A s dosahom až 1300 mm je efektívny pri práci vo väčšom priestore. Naopak robot YuMi má dve ramená a je vhodný pre manipuláciu s malými súčiastkami o hmotnosti najviac 0,5 kg na jedno rameno. Jeho dosah je len 559 mm, preto sa môže využívať v menšom pracovnom priestore.

Aby mohol byť hociktorý z týchto robotov nasadený do praxi musí byť vhodne umiestnený vo výrobní hale z hľadiska pracovného priestoru, energetickej záťaže, efektivity a ďalších dôležitých parametrov. Jednou z možností ako robota umiestniť do pracovného cyklu je vytvoriť vhodnú dokovaciu stanicu. Tieto stanice sú prispôbené výrobnému procesu a každá je navrhnutá práve pre používaný typ robota. Dobře navrhnutá dokovacia stanica musí mať dobré manipulačné vlastnosti, byť stabilná, mať dostatočný pracovný priestor pre obsluhu a umožniť jednoduchú a rýchlu údržbu alebo výmenu robota.

1 Analýza danej problematiky

1.1 Robot YuMi

Robot YuMi je kolaboratívny dvojramenný robot, vytvorený pre spoluprácu s človekom. Bol navrhnutý tak, aby sa podobal človeku, nespôsoboval zranenia a nezaberal a nevyžadoval viac priestoru ako pracovné prostredie človeka.

Jeho účelom je uspokojiť potreby pružnej a rýchlo reagujúcej výroby drobných súčiastok. Dokáže sa uplatniť pri montáži, hlavne v elektronickom priemysle. Jeho nosnosť je 0,5 kg na jedno rameno, z čoho plynie, že je navrhnutý pre manipuláciu s malými a ľahkými súčiastkami. Pre výrobcov je prínosný preto, lebo urýchlí výrobu, zníži straty, zvýši flexibilitu a investičnú návratnosť.

YuMiho kostra je vyrobená z horčíkovej zliatiny, pokrytá pružným plastovým plášťom zabaleným do mäkkého polstrovaní, čo dokáže zmierniť prípadný neočakávaný náraz. Má dve paže so siedmymi osami pohybu. Hmotnosť YuMiho je 38 kg, má integrovaný systém riadenia a je ho možné napájať zo štandardnej elektrickej siete. Vďaka relatívne nízkej hmotnosti je možné ho podľa potreby premiestňovať a prenášať. Ďalšou veľkou výhodou je vysoká presnosť polohovania s toleranciou 0,02 mm. Pohybuje sa s maximálnou rýchlosťou koncového bodu 1,5 m/s. maximálne zrýchlenie robota je 11 m/s. Jeho vysokú bezpečnosť potvrdzuje aj fakt, že pri neočakávanom styku s človekom resp. kolízií je schopný zastaviť v priebehu niekoľkých milisekúnd.

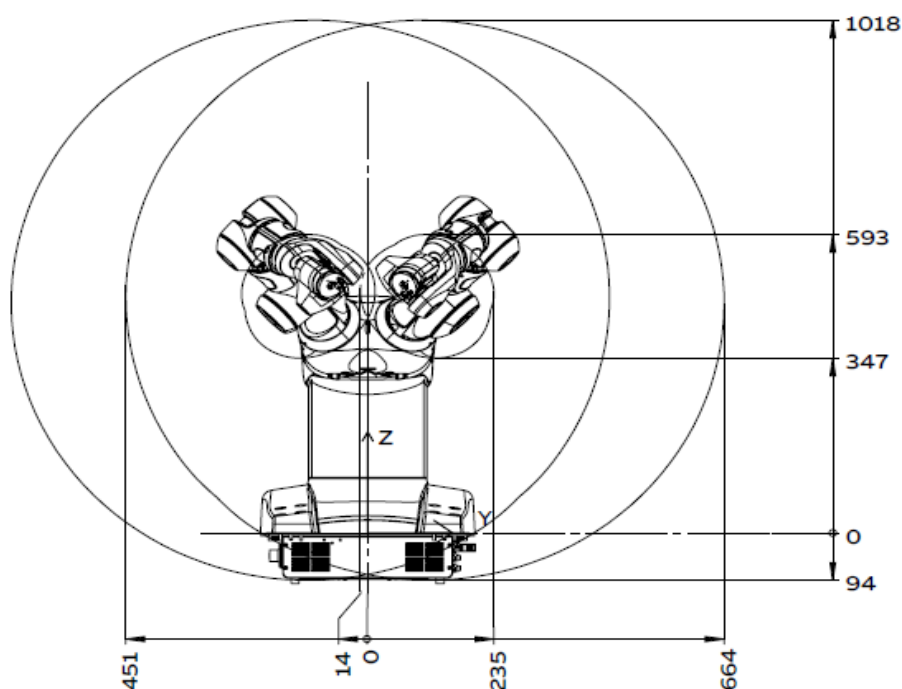
Z pohľadu zadania práce je podstatné zistiť informácie o rozmeroch robota, pracovnom dosahu ramien, hmotnosti a nosnosti robota, na základe ktorých sa vytvorí optimálny požiadavkový list a budú sa navrhovať vhodné varianty riešení. V tab. 1 sa nachádzajú najpodstatnejšie informácie o robote YuMi potrebné pre optimálne navrhnutie zadanej práce. [4]

Tab. 1 Technické dáta robota YuMi

Názov	Hodnota	Jednotka
Dosah	0,559	m
Počet osí	14	–
Nosnosť jedného ramena	0,5	kg
Maximálna rýchlosť	1,5	m/s
Maximálne zrýchlenie	11	m/s ²
Čas zrýchlenia z 0-1 m/s	0,12	s
Hmotnosť	38	kg
Opakovateľnosť pozície	0,02	mm



Obr. 1 Robot YuMi [4]



Obr. 2 Geometria pracovného dosahu robota [4]

1.2 Prieskum trhu – nastavenie horizontálnej polohy

Dôvod nastavovania horizontálnej polohy je pre nepresnosti, ktoré vznikajú pri výrobe, montáži a hlavne kvôli nerovnej podlahe. Trh so zariadeniami alebo prvkami pre nastavenie vodorovnej polohy nie je taký široký ako pri iných častejších aplikáciách.

Ako prvá možnosť prichádza použiť prvok z materiálu, ktorý má pružne deformovateľné vlastnosti. Medzi takéto materiály patrí pryž, z ktorej sa vyrába silentblok. Je to súčiastka zo zmesi gumy, ktorá má veľmi široké možnosti využitia. Najčastejšie sa používa na tlmenie hluku a vibrácií. Existuje viacero typov. Každý má iné vlastnosti a inú prímes pryže. Ako materiál pryže sa zvykne používať silikón, prírodný kaučuk, perbunan, neopren a iné. Štandardne bývajú dostupné typy NR (prírodný kaučuk) a NBR (butadien-akrilonitrilový kaučuk). Každý z týchto materiálov je vhodný pre iné aplikácie, má rozdielne vlastnosti ako tepelná vodivosť, pevnosť v ťahu, tvrdosť alebo odolnosť voči oleju. Medzi jeho veľké výhody patrí aj dobrá adhézia voči kovom alebo plastu a dobrá mechanická obrábateľnosť pryže a polyuretánových materiálov. Silentbloky sa vyrábajú vo viacerých prevedeniach s jednou alebo dvoma skrutkami, s jedným alebo dvoma vnútornými závitmi, s oceľovými podložkami alebo bez oceľových podložiek. Ako vyrovnávacie prvky je možné použiť silentblokovú vyrovnávaciu pätku s NBR pryže alebo klasický dutý silentblok bez kovovej podložky. [9]



Obr. 3 Dutý silentblok



Obr. 4 Silnetbloková vyrovnávací päťka

Ďalším zaujímavým riešením na trhu je nastaviť vodorovnú polohu pomocou vyrovnávacích podložiek alebo skrutiek s výškovým prestavením. Na trhu je viacero typov a firiem, ktoré takýto produkt ponúkajú. Širšiu škálu týchto prvkov ponúkajú firmy Elesanger, Norelem alebo Halder. Podľa jednotlivých katalógov týchto firiem sa dajú tieto polohovacie sady deliť na prvky s prestaviteľnou výškou a prvky s prestaviteľnou výškou s nízkym prevedením. Obidvoje prevedenia sa ešte vyrábajú v štyroch variantoch. Prvým variantom je vyššie spomínané prvky s prestaviteľnou výškou bez ďalších prvkov, ďalej sú to skrutky s prestaviteľnou výškou a kontramaticou, skrutky s prestaviteľnou výškou a guľovou vyrovnávacou podložkou a nakoniec s využitím oboch prvkov skrutky s prestaviteľnou výškou s guľovou vyrovnávacou podložkou a kontramaticou. Použitie týchto polohovacích sad je hlavne tam kde sa jedná o ustanovenie a vyrovnanie motorov, agregátov, hnacích prvkov a výrobných liniek, čo je prípad tejto problematiky. Guľové vyrovnávacie podložky umožňujú presné uloženie pri montáži šikmých operných plôch až

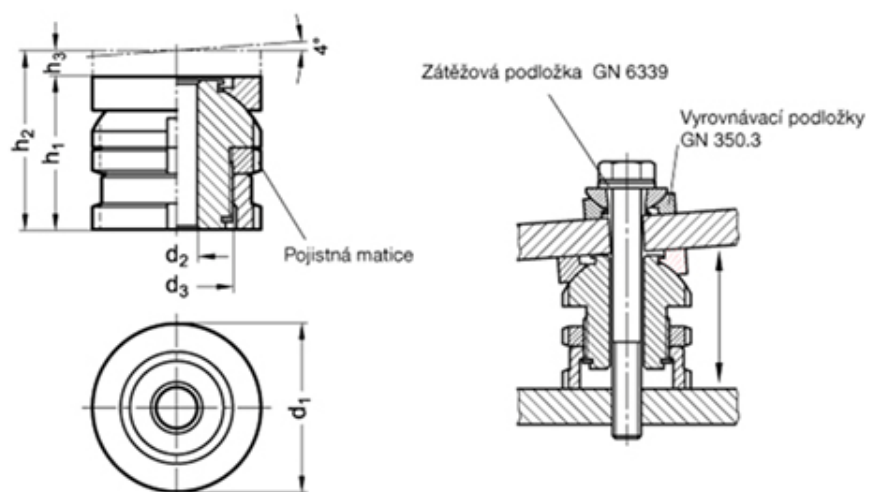
do uhlu náklonu približne 4° . Nastaviť výšku je možné od 5 mm až do 50 mm podľa typu a prevedenia. Sú vyrábané štandardne z oceli. Povrch je buď galvanicky zinkovaný, modro pasívovavý alebo poslednou možnosťou je bez povrchovej úpravy v prípade, že je ocel z nerez. [7]



Obr. 5 Guľová vyrovnávací podložka



Obr. 6 Skrutka s nastaviteľnou výškou

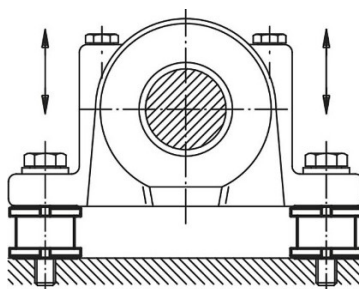


Obr. 7 Ukážka možnej aplikácie

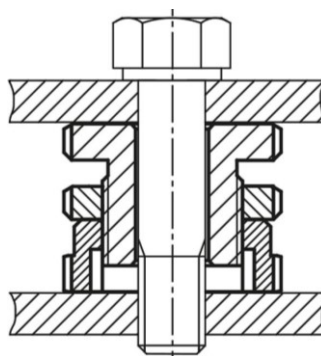
U sady z nízkym prevedením je v aplikáciach, kde sa nevyžaduje veľké výškové nastavenie výhodou ich malá konštrukčná výška preto, lebo umožňuje jednoduché a presné vyrovnanie i v niekoľkých uložených miestach, čím sa zaručí montáž bez deformácií nadmerným upnutím. Kontramatica slúži k zaisteniu predpísaného nastavenia. [7]



Obr. 8 Skrutky s prestaviteľnou výškou s nízkym prevedením



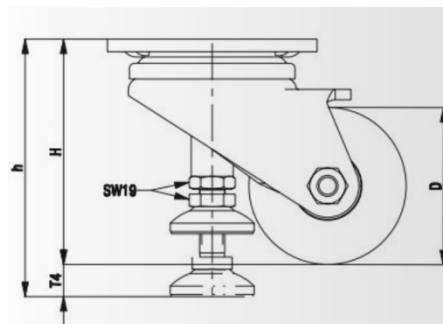
Obr. 9 Aplikácia bez kontramaticy



Obr. 10 Aplikácia s kontramaticou

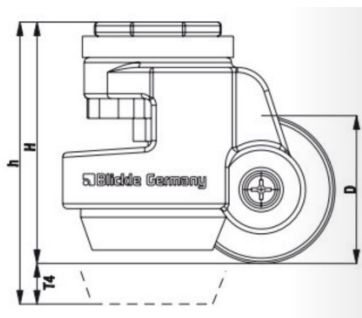
Pri prieskume trhu bolo objavené ešte jedno možné riešenie ako nastaviť vodorovnú polohu a to pomocou integrovaných pojazdových koliesok so zdvíhacou kladkou. Pojazdové kolieska sú vyrábané z rôznych materiálov, napríklad z polyuretánu. Existuje viacero typov koliesok, záleží od druhu použitia. Kolieska môžu byť otočné, pevné a poprípadne mať aj brzdu. Na trhu je veľa firiem, ktoré majú široký sortiment koliesok ale

jediná veľká firma dostupná na európskom trhu, ktorá ponúka aj kompaktné zdvíhacie kladky je firma Blickle. Jedno prevedenie konštrukcie je zdvíhacia kladka s polyamidovým kolom, integrovanou brzdou, doskou, konzolou z oceľového plechu, stredového svorníka a dvojitého guľčkového ložiska v otočnom venci. Toto prevedenie sa používa pre vysoké zaťaženie. [8]



Obr. 11 Otočná zdvíhacia kladka

Druhé prevedenie je s integrovanou brzdou s polyamidovým kolom a chrbovým otvorom (vnútorný závit). Konzola je vyrobená z tlakovo liateho hliníka s utesneným guľčkovým ložiskom. Brzdiaca päťka je z tvrdej gumy. Je to lacnejší variant. [8]

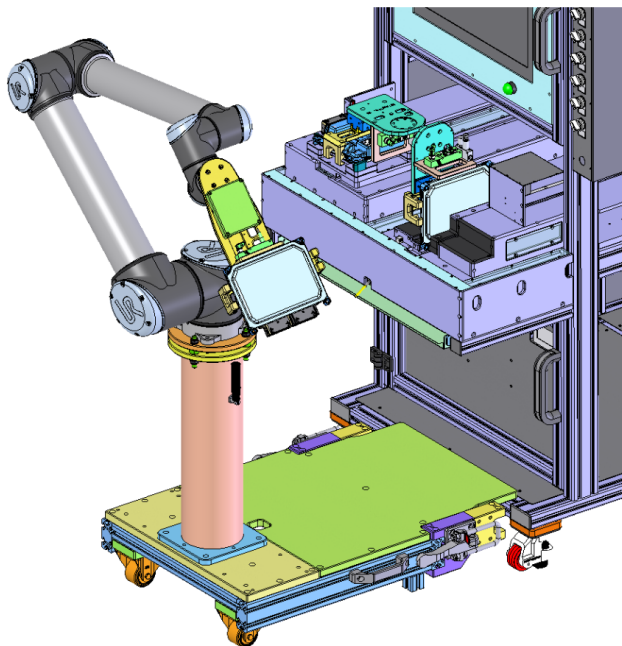


Obr. 12 Zdvíhacia kladka s polyamidu

1.3 Stavajúce riešenie

Zadanie bakalárskej práce vychádza z aktuálneho riešenia tejto problematiky vo firme Continental, kde je však stanica vytvorená pre robot UR10 od spoločnosti Universal Robot. Dokovací stanica musí prejsť viacerými konštrukčnými zmenami, aby bola vhodná pre robot YuMi. Rozdielov medzi robotom YuMi a robotom UR10 je mnoho. Robot YuMi má

kratší pracovný dosah, ďalší podstatný rozdiel je v nosnosti a hmotnosti týchto robotov (YuMi má nosnosť 0,5 kg naproti 10 kg robota UR). Nutné je aj upraviť resp. navrhnuť nový pripojovací interface pre YuMiho.



Obr. 13 Riešenie pre robota UR 10

Dôležitým konštrukčným znakom je pripojenie k rámu stroja pomocou upínacej techniky. Medzi najvýznamnejších výrobcov patria na trhu Schunk a Destaco.



Obr. 14 Upnutie stanice k rámu stroja

2 Požiadavkový list

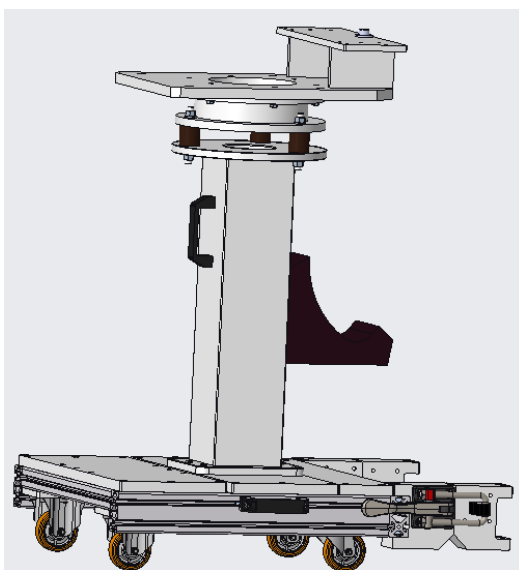
- Možnosť vyrovnať sklon minimálne o 2° v dvoch osách,
- konštrukcia z hliníkových profilov,
- výška základne robota od podlahy 900 až 1000 mm,
- nosnosť konštrukcie zodpovedajúca hmotnosti robota YuMiho (38 kg),
- konštrukcia na pojazdových kolieskach,
- pripevnenie konštrukcie k rámu pracoviska podľa spôsobu stávajúceho riešenia vo firme,
- jednoduchá montáž a prípadná demontáž alebo údržba,
- dobrá životnosť vyrovnávacích prvkov,
- vytvoriť vhodný pripojovací interface pre robota YuMi,
- umiestniť na konštrukciu libelu pre skontrolovanie vodorovnej polohy,
- nízka cena.

3 Varianty riešení

Táto kapitola sa zaoberá návrhom možných vhodných riešení. Boli navrhnuté tri varianty riešení. Základná konštrukcia skladajúca sa z pojazdovej časti, nosného stĺpu a interface pre robota je pomerne presne daná požiadavkami, preto boli varianty vytvorené pre systém umožňujúci horizontálne nastavenie polohy robota. Pre splnenie zadania je možné použiť rôzne druhy zariadení alebo súčiastok pre nastavenie vodorovnej polohy. Varianty boli navrhnuté podľa možností trhu a hlavne znalostí autora.

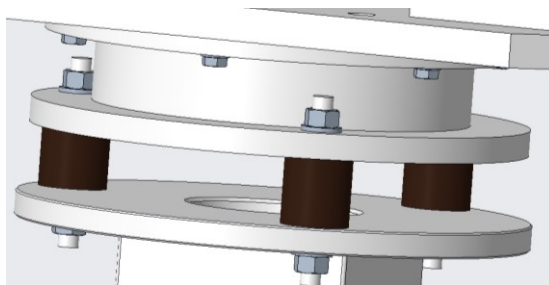
Hlavným nosným materiálom je hliník a menšej miere oceľ. Výhodou hliníka je oproti oceli jeho nižšia hmotnosť a väčšia odolnosť voči korózií pri dostatočných pevnostných vlastnostiach. Rozdiel v cene u oboch materiáloch nie je veľký, preto nemá významnejší vplyv pri rozhodovaní. Spodná časť konštrukcie pozostáva hlavne z hliníkových profilov, na ktorých sú primontované dosky a k nim prichytený pomocou zvaru oceľový stĺp a na ňom príruha s interface pre robota. Konštrukcia stojí na pojazdových kolieskach, preto musí byť robot pripevnený k rámu stroja, aby bol pevne ustanovený. Hliníkové profily sú navrhnuté od firmy Haberkorn, presnejšie profil 8 s modulárnym prierezom 40 mm, pri maximálnom prípustnom zaťažení 5000 N.

3.1 Variant A



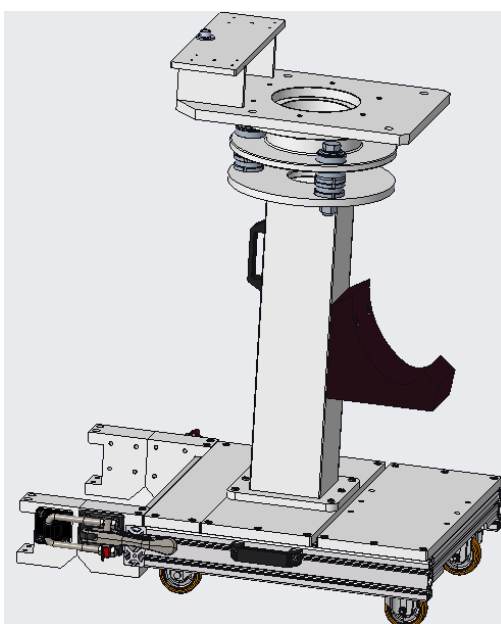
Obr. 15 Celkový pohľad varianty A

U tejto varianty je nastavenie vodorovnej polohy riešené pomocou pryžových silentblokov. Medzi prírubou a kotúčovou doskou sú tri duté silentbloky, cez ktoré vedú závitové tyče, ktoré sú na oboch koncoch upevnené skrutkami a podložkami. Vyrovnávanie vodorovnej polohy prebieha ut'ahovaním skrutiek na závitovej tyči z oboch strán. Toto riešenie je jednoduché a lacné, avšak nemusí sa dosiahnuť stopercentného výsledku. Je ťažko určiť o koľko je silentblok schopný zmrštiť, pretože tieto údaje výrobcovia neposkytujú a či sú skrutky a matice schopné vyvolať dostatočný ut'ahovací moment. V technických katalógových listoch sa však objavujú vlastnosti ako pevnosť v ťahu, elasticita alebo rozsah tvrdosti. Vzhľadom na pružné vlastnosti materiálu (štandardne pryž NR/SBR), z ktorého sú silentbloky vyrábané môže počas prevádzky dochádzať k nežiadúcim kmitom, čo by mohlo znížiť presnosť a opakovateľnosť polohovania a tým zníženej efektívnosti a kvality výroby. [9]



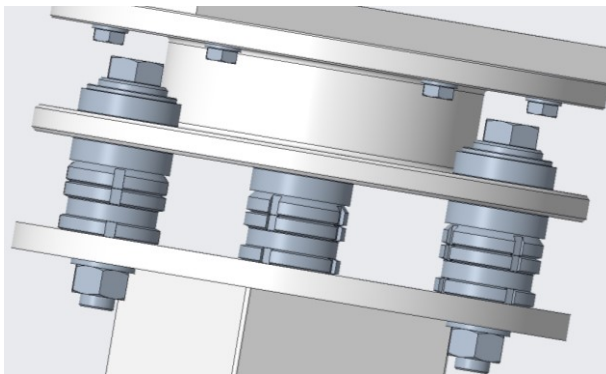
Obr. 16 Detailnejší pohľad na nastavenie horizontálnej polohy varianty A

3.2 Variant B



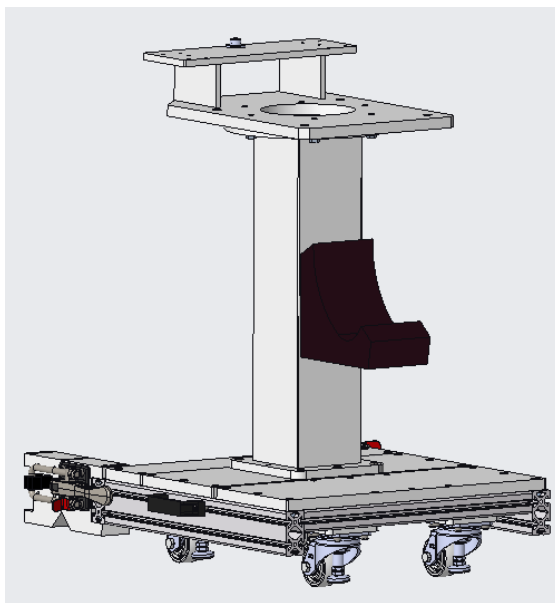
Obr. 17 Celkový pohľad varianty B

U tejto varianty je nastavenie vodorovnej polohy pomocou polohovacích sad vyrovnávacích podložiek. Boli použité 2 sady. Medzi prírubou a kruhovou doskou sú tri kusy polohovacej sady GN 350.5 od firmy Elesa-ganter. Jedná sa o vyrovnávaciu podložku s poistnou maticou. Tieto súčiastky umožňujú sklon o 4 stupne a taktiež zdvih o 9 mm, čo zaistí vyrovnanie v dvoch osách. Medzi skrutkou a prírubou sa nachádzajú guľové vyrovnávacie podložky GN 350.3 taktiež od firmy Elesa-ganter. Tieto vyrovnávacie podložky sú navrhnuté tak, aby vyhovovali vyrovnávacím súpravám GN 350.5. Skladajú sa z dvoch guľových podložiek. Pevné spojenie je vytvorené pomocou skrutky, podložky a matice. Tento variant je spoľahlivý, dokáže dostatočne vyrovnať nepresnosti. Jeho nevýhodou je vyššia cena v rádoch tisícach korún v závislosti od veľkosti použitých prvkov. [7]



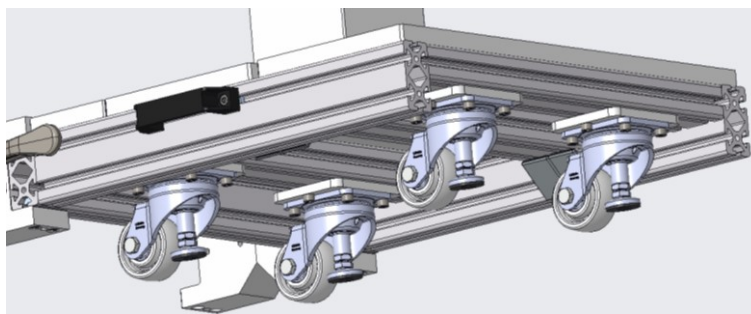
Obr. 18 Detailnejší pohľad na nastavenie vodorovnej polohy varianty B

3.3 Variant C



Obr. 19 Celkový pohľad varianty C

U tejto varianty je nastavenie vodorovnej polohy zo spodku konštrukcie pomocou integrovaných koliesok so zdvíhacou kladkou. Boli použité kolieska od firmy Blickle. Vďaka nastaveniu polohy zo spodnej časti konštrukcie sa nemusela použiť príruka. Ušetrené náklady kompenzuje vyššia cena integrovaných koliesok so zdvíhacou kladkou. Vyrovnávanie polohy zo spodnej strany konštrukcie by mohlo byť pri montáži priestorovo náročné. Problémom pri tejto variante môže byť uchytenie k rámu stroja pomocou čapu, pretože pri prípadnom vyrovnaní horizontálnej polohy by mohlo dôjsť k uvoľneniu celého pracoviska, čo by mohlo spôsobiť značné škody. [8]



Obr. 20 Detailnejší pohľad na nastavenie vodorovnej polohy varianty C

4 Kritériálna analýza

Ako vhodný spôsob na výber optimálnej varianty sa používa kritériálna analýza. Analýza pozostáva z výberu kritérií, priradeniu bodov kritériám, rozdeleniu úrovní, prideleniu bodov variantom a následnému vyhodnoteniu optimálnej varianty. Na výber optimálnej varianty boli zvolené tieto kritéria:

K1 – CENA – Keďže konštrukcia je takmer identická a pevne daná v každej variante, rozhoduje cena vodorovne nastaviteľných prvkov.

K2 – ZMONTOVATEĽNOSŤ – Zvoliť stavebnicový systém a polohovacie prvky, ktoré sú jednoducho zmontovateľné.

K3 – PRESNOSŤ A ROZSAH NASTAVENIA SKLONU – Zvoliť presné polohovacie prvky, ktoré sú schopné vykompenzovať nepresnosti povrchu podlahy alebo prípadne montáže.

K4 – JEDNODUCHÁ OBSLUHA – Jednoduchosť nastavenia horizontálnej polohy.

K5 – ŽIVOTNOSŤ – Vybrať polohovacie prvky, ktoré zaistia dlhú, bezpečnú prevádzku s minimálnymi poruchami.

Určenie dôležitosti kritérií:

Medzi jednotlivé kritéria bolo rozdelených 100 bodov. Za najdôležitejšie kritérium je určené presnosť a rozsah nastavenia horizontálnej polohy. Zo zadania vyplýva, že presnosť a rozsah nastavenia horizontálnej polohy je základnou požiadavkou celej práce. Ďalším veľmi dôležitým faktorom je cena, ktorá je rozhodujúca takmer pri každom konštrukčnom návrhu. Za najmenej bodov je ohodnotené kritérium zmontovateľnosť, pretože montáž sa robí len raz. Ďalším kritériom je jednoduchosť obsluhy, pri ktorej je dôležité či obsluhujúci zamestnanec bude mať prístup a dostatočný pracovný priestor pre nastavenie horizontálnej polohy. Posledným zvoleným kritériom je životnosť navrhnutých vyrovnávacích prvkov. Rozdelenie bodov je znázornené v tab. 2.

Tab. 2 Rozdelenie bodov medzi kritéria

Kritérium	body
K1 – Cena	25
K2 – Zmontovateľnosť	10
K3 – Presnosť a rozsah nastavenia sklonu	30
K4 – Jednoduchá obsluha	20
K5 – Životnosť	15
Súčet bodov	100

Rozdelenie úrovní:

Tab. 3 Rozdelenie úrovní

Vysoká úroveň	6
Dobrá úroveň	5
Priemerná úroveň	4
Nízka úroveň	3
Nevyhovujúca úroveň	2
Nepriaznivý stav	1

Priradenie bodov jednotlivým variantom:

Tab. 4 Priradenie bodov jednotlivým variantom

	Variant A	Variant B	Variant C
K1	6	4	3
K2	6	5	3
K3	3	6	3
K4	5	5	4
K5	4	6	6
Suma	24	26	19

Výpočet pre kritérium:

Výpočet pre variantu A pre kritérium K1:

p- dôležitosť kritéria; u- úroveň kritéria; k- vypočítané kritérium

$$k = \frac{p \cdot u}{100} = \frac{6 \cdot 25}{100} = 1,5 \%$$

Vyjadrenie jednotlivých kritérií pre všetky varianty sa nachádza v tab. 5.

Tab. 5 Percentuálne vyjadrenie bodov pre všetky varianty

	Variant A	Variant B	Variant C
K1	1,5	1	0,75
K2	0,6	0,5	0,3
K3	0,9	1,8	0,9
K4	1	1	0,8
K5	0,6	0,9	0,9
Suma	4,6	5,4	3,65

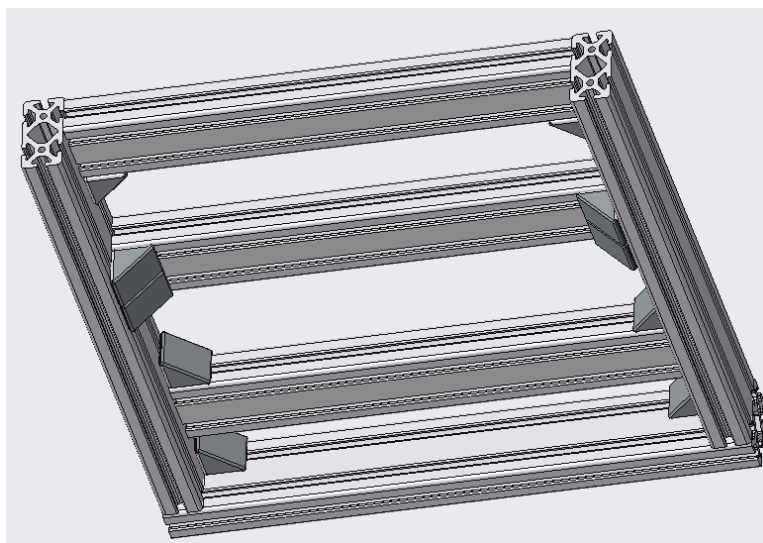
Optimálny variant podľa kritériálnej analýzy je **variant B**. Vzhľadom na výsledok analýzy bude v ďalších kapitolách rozoberaný variant B.

5 Rozpracovanie vybranej varianty

Táto kapitola sa bude zaoberať detailným rozpracovaním vhodného riešenia. Ako vhodný variant bol na základe vyššie uvedenej analýzy vybraný variant B. Detailne budú rozobraté jednotlivé komponenty, podľa možností doložené kontrolnými výpočtami. V prílohe budú vypracované výrobné výkresy vybraných vyrábaných komponentov a všetky výkresy zostáv a podzostáv. Okrem toho bude prevedený aj montážny postup a odhad ceny po konzultácii s výrobcami použitých komponentov.

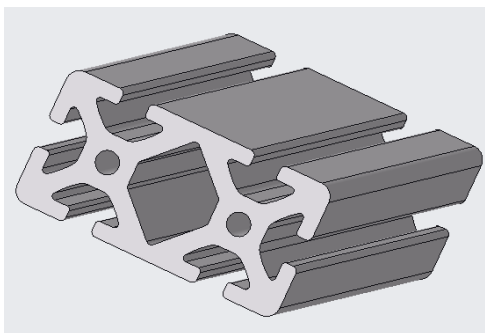
5.1 Návrh rámu z hliníkového profilu

Základom systému sú presné eloxované hliníkové profily od firmy Haberkorn. Táto spoločnosť ponúka niekoľko radov profilov. Je navrhnutý štandardný profil rady 8 s modulárnym prierezom 40 mm, ktorý je najpoužívanejší a ponúka najširší výber rôznych variantov. Maximálne ťahové zaťaženie na drážku je 5000 N a tento profil používa skrutky so závitom M8. [6]



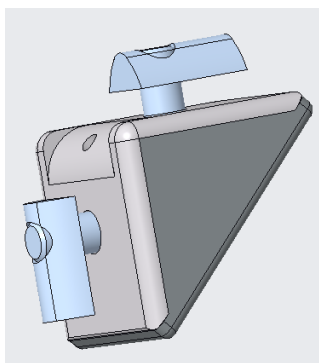
Obr. 21 Návrh konštrukcie z hliníkových profilov

Spoločnosť dodáva profily v dvoch verziách a to „light“ teda odľahčený a „normal“ neodľahčený. Je navrhnutý dľahčený profil. Celkový prierez je 80x40 mm. Všetky profily sú rovnakého typu, jediným rozdielom je dĺžkový rozmer. Použili sa tri kusy dĺžky 500 mm, dva kusy dĺžky 560 mm a jeden kus dĺžky 580 mm.



Obr. 22 Vybraný prierez profilu

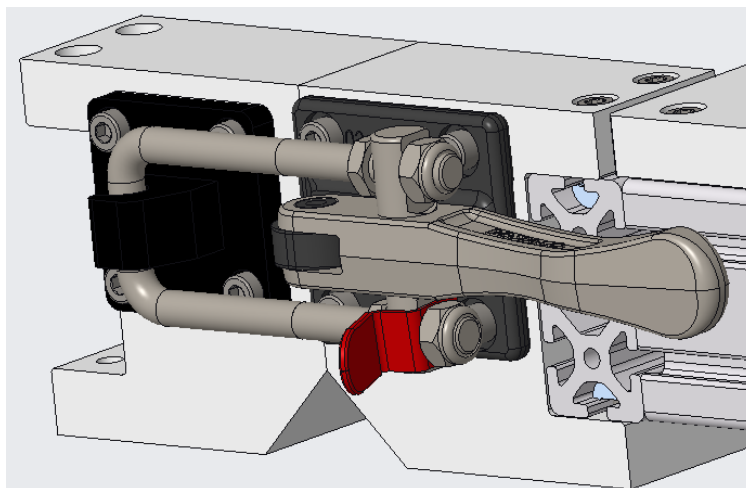
Profily je možno spájať viacerými spôsobmi ako napr. pevnými uhlovými spojkami, T-drážkami, uhlovými alebo rohovými zámkami. Pre rám dokovacej stanice sa použili uhlové spojky 8 „angle bracket set“ s rozmerom 40x40 mm.



Obr. 23 Uhlové spojky

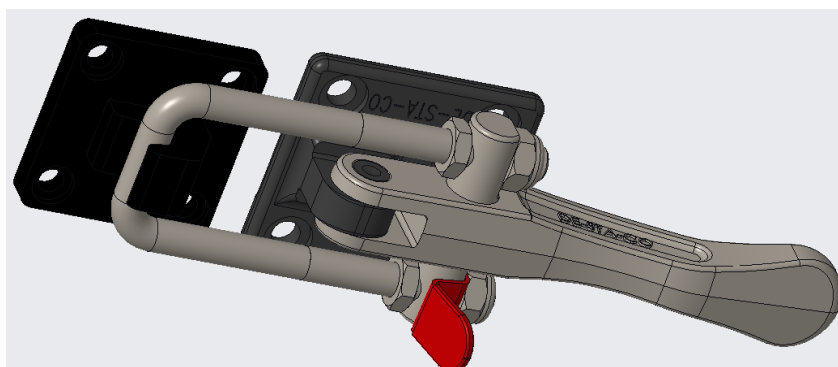
5.2 Spôsob prichytenia k rámu pracoviska

Celá konštrukcia sa pohybuje na pojazdrových kolieskach, preto sa musí prichytiť k rámu celej linky. Z požiadavkového listu plynie, že je nutné dodržať spôsob prichytenia podľa stavajúceho riešenia. Hlavnými časťami sú z oboch strán dve základne vyrobené z hliníku, ku ktorým sú pomocou skrutiek prichytené upínacie svorky.



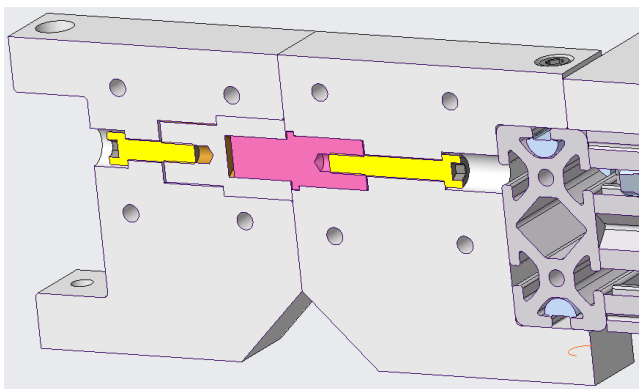
Obr. 24 Prichytenie k rámu automatizovaného pracoviska

Upínacie západkové svorky sú navrhnuté od firmy Destaco presnejšie model 385-L. Tento produkt je navrhnutý s U-zámkom pre jednoduché nastavenie. Vyrobený je z ocele a preto je vhodný pre vysoké záťaže. [10]



Obr. 25 Horizontálny upínák technika Destaco 385-L

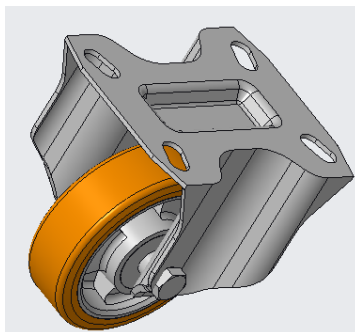
Základne sú k hliníkovému profilu ukotvené pomocou skrutiek M8 a „T-slot nut“ matíc. V základniach sú vyvŕtané otvory pre čapy a skrutky. Základne prichytené k dokovacej stanici majú otvor pre čap s nábojom a základne prichytené k automatizovanému pracovisku majú dieru pre čap s otvorom, do ktorého zapadne čap s nábojom. Čapy sú prichytené skrutkami.



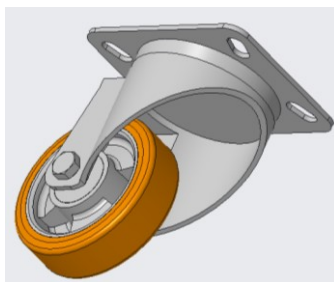
Obr. 26 Rez spojenia základní

5.3 Ostatné dôležité diely dolnej časti konštrukcie

Z požiadavkového listu plynie, že konštrukcia sa musí pohybovať na pojazdových kolieskach. Z jednej strany konštrukcie sa nachádzajú dve pevné a z druhej pre lepšiu manipuláciu dve otočné kolieska. Kolieska sú navrhnuté od firmy Elesa-ganter. Jedná sa o typ RE.F5-N s priemerom kolesa $\varnothing=80$ mm. Dynamická únosnosť pevného aj otočného kolieska je 2000 N. Kolo je vyrobené z nalisovaného polyuretánu a konzola z ocelového plechu. Výhodou je tichý chod, nízky valivý a šmykový odpor. Ocelový plech je galvanicky pozinkovaný. [12]

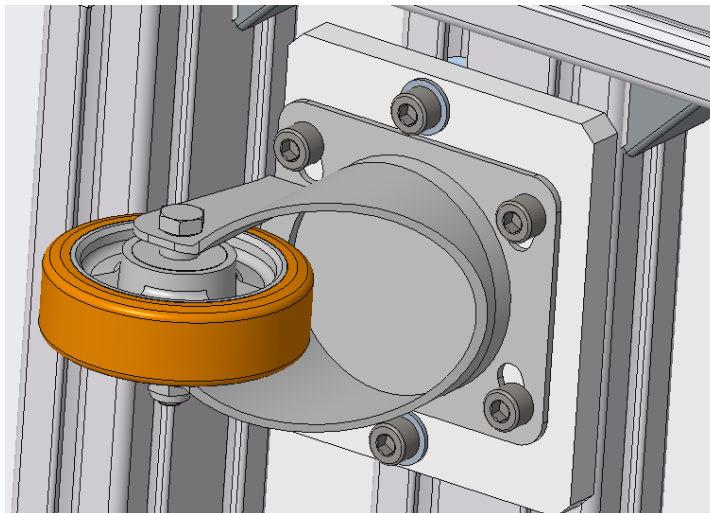


Obr. 27 Pevné pojazdzové koliesko



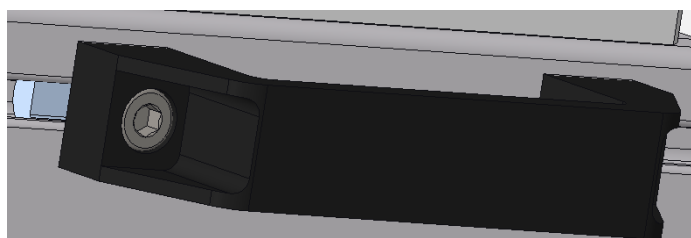
Obr. 28 Otočné pojazdzové koliesko

Kolieska sú osadené na hliníkových podperách a k hliníkovým profilom prichytené ako vo väčšine prípadoch tejto konštrukcie pomocou skrutiek a „T-slot nut“ matic. [12]



Obr. 29 Pohľad na prichytenie kolieska ku konštrukcii

Na bokoch konštrukcie a na stĺpe sa nachádzajú madlá. Madlá slúžia na jednoduchšiu manipuláciu s dokovacou stanicou robota. Sú navrhnuté od spoločnosti Eles-Ganter a vyrobené z technopolymeru. Bol vybraný produkt M.443 AE-V0. Madlá sú spojené s rámom konštrukcie opäť pomocou skrutiek M8 a „T-slot nut“ matic a madlo na stĺpe je prichytené skrutkami a klasickými maticami. Ich maximálne zaťaženie je 1700 N pre každé madlo. [11]

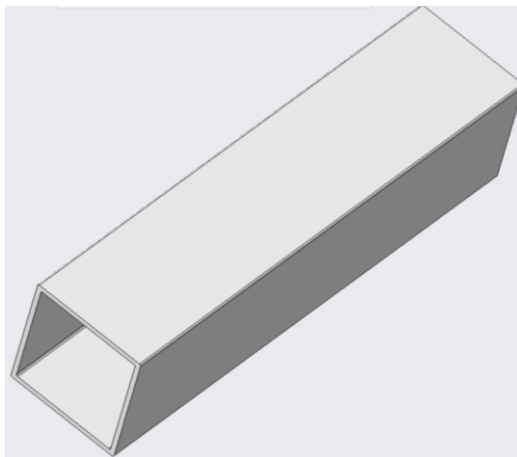


Obr. 30 Madlo

5.4 Zváraná časť konštrukcie

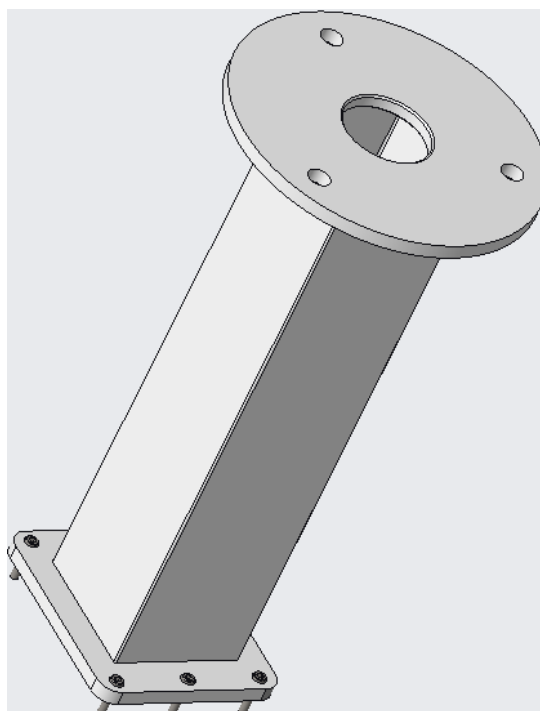
V tejto podkapitole sú popísané vyrábané diely z ocele. Veľmi dôležitou časťou konštrukcie je stĺp. Pre vysokú stabilitu a bezpečnosť je nutné navrhnuť dostatočne masívnu podstavu. Je navrhnutý oceľový uzavretý štvorcový profil (jäkl) s rozmermi podstavy 140x140x6 mm a dĺžkou stĺpu 600 mm. Po prieskume trhu sa ukázalo, že veľmi

málo výrobcov dodáva rozmery podstav uzavretých profilov väčších ako 100x100 mm a preto je stĺp navrhnutý zo sortimentu spoločnosti Feron. Výrobným materiálom uvádzaným na stránkach výrobcu je oceľ S235JRH alebo podľa starého značenia 11 375. Dôležitá vlastnosť tejto ocele je, že má zaručenú tavnú zvariteľnosť. [13]



Obr. 31 Stĺp

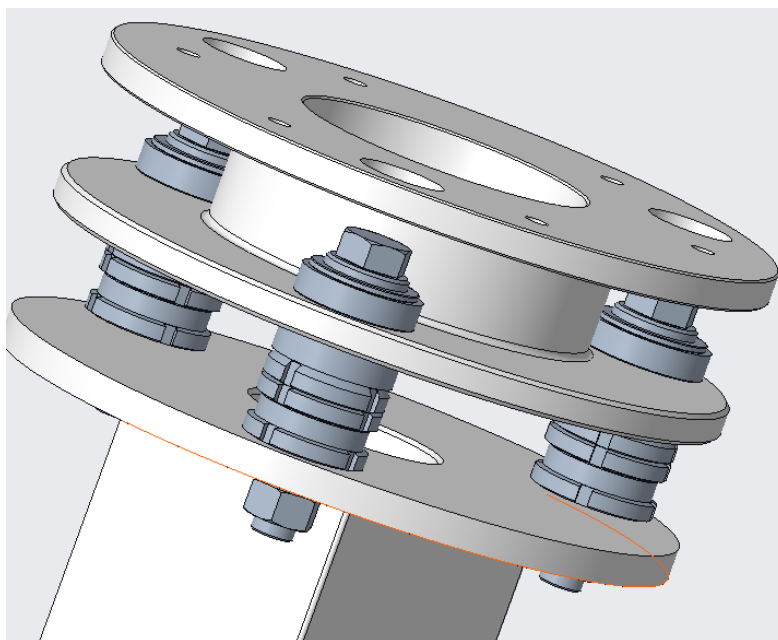
K oceli je z vrchnej strany zvarená kruhová doska a zo spodnej strany štvorcová doska. V kruhovej doske sú vyvŕtané tri otvory pre prvky nastavujúce vodorovnú polohu a v strede je diera pre prípadnú kabeláž. Oboje dosky sú vyrobené z ocele a podrobné informácie a rozmery sú vo výrobných výkresoch v prílohe.



Obr. 32 Zváraná časť konštrukcie

5.5 Nastavovanie vodorovnej polohy

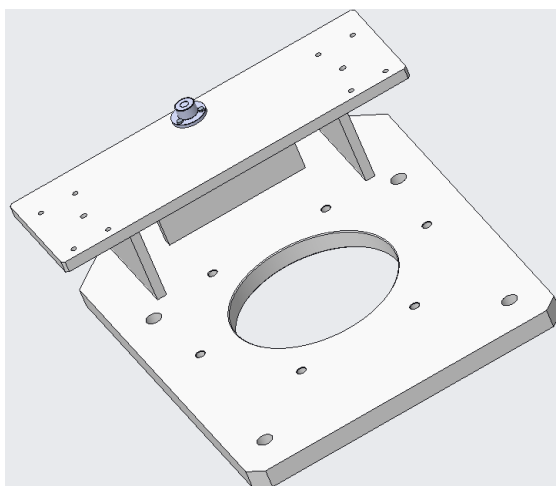
Vodorovnú polohu zaisťujú vyrovnávacie podložky. Ako už bolo spomenuté a stručne vysvetlené pri voľbe variant sú navrhnuté vyrovnávacie podložky od firmy Eles-ganter. Medzi prírubou a doskou sa nachádzajú sady GN 350.5–58-26-53, ktoré umožňujú statické zaťaženie až 210 kN, sklon o 4° a zdvih o 9 mm. Pre zdvih matice a teda vyrovnávanie polohy je nutný C-klúč. Z druhej strany príruby sa nachádzajú guľové vyrovnávacie podložky typu GN 350.3–58. Pevné spojenie príruby a kruhovej dosky vytvárajú skrutky s maticami a podložkami. Pod skrutkou sú záťažové podložky GN 6339-40-5-BT. Aby bola možná montáž sú v príрубе vyvŕtané tri otvory pre vsunutie skrutiek. Zvyšných šesť dier je pre pripojenie k interface. [7]



Obr. 33 Nastavovanie horizontálnej polohy

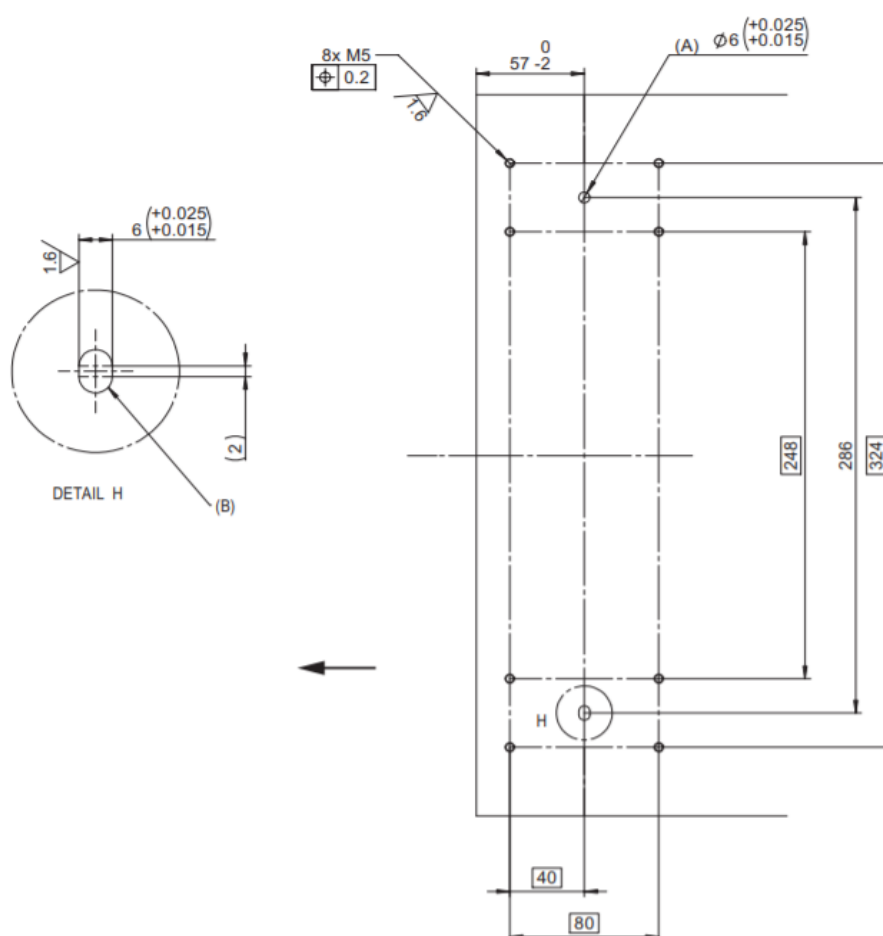
5.6 Interface

Interface sa skladá z plechov a dosky. V strede dosky je vyvŕtaný otvor pre kabeláž. Plechy sú k doske pripevnené zvarmi. Na vrchnom plechu je umiestnená libela pre kontrolu nastavenia vodorovnej polohy. Keďže doska je k príрубе pripevnená 6 skrutkami, tak je možné robotovi meniť pracovnú polohu a otáčať ho o 60° . Všetky ostatné otvory sú vyrobené priamo na pripojenie robota YuMi.



Obr. 34 Interface pod robota YuMi

Pre správne prichytenie robota k interface je nutné dodržať pripojovacie rozmery dané výrobcom. [16]



Obr. 35 Pripojovacie rozmery YuMi

V nasledujúcej tab. 6 sú uvedené základne informácie o spojovacom materiáli použitom pri pripojení robota YuMi.

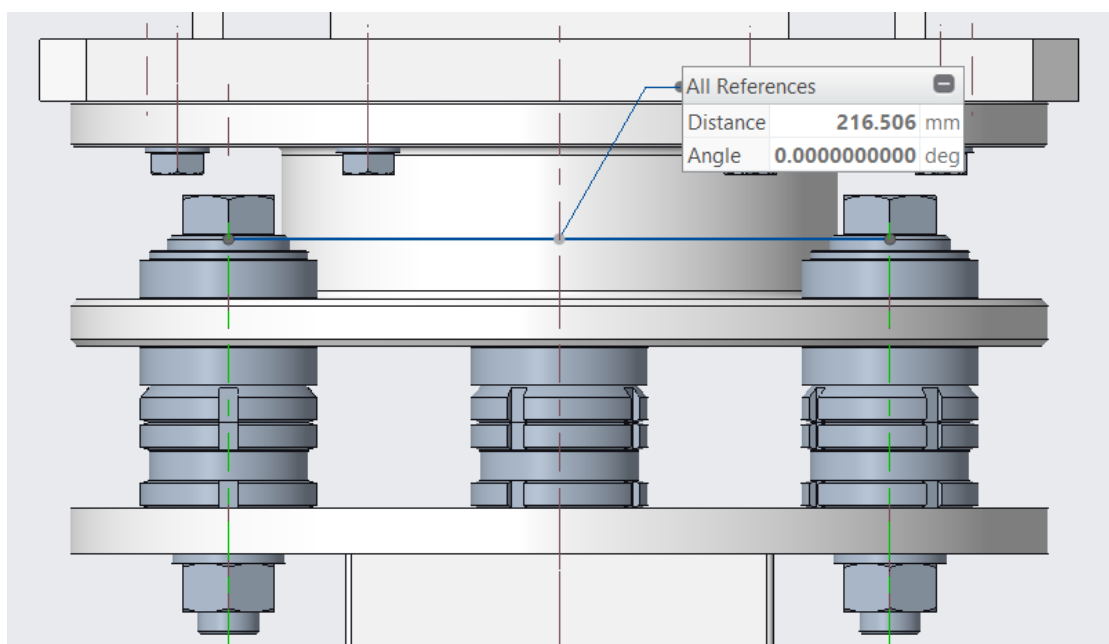
Tab. 6 Odporúčaný typ spojovacieho materiálu používaný pre robota YuMi

Vhodná skrutka	M5x25
Vhodné podložky	5.3x10x1
Počet skrutiek	8
Kvalita skrutky	8.8
Uťahovací moment	3,8 Nm \pm 0,38

6 Kontrolné výpočty

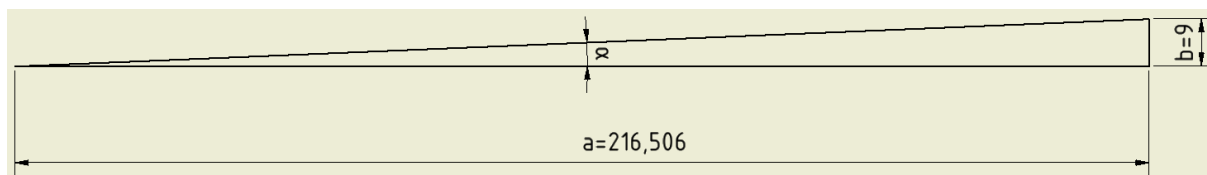
6.1 Výpočet maximálneho sklonu vyrovnávacích podložiek

Pre vyrovnanie sklonu sa používajú tri vyrovnávacie podložky, ktoré dokopy tvoria rovnostranný trojuholník, z čoho plynie že sú všetky podložky od seba rovnako vzdialené. Pomocou software Creo sa zistí vzdialenosť strany rovnostranného trojuholníka.



Obr. 36 Rozstupová kružnica vyrovnávacích prvkov

Z katalógu výrobcu plynie, že vyrovnávacie sady GN 350.5 umožňujú zdvih o 9 mm a sklon maximálne 4° pričom požiadavka je na minimálne 2° .

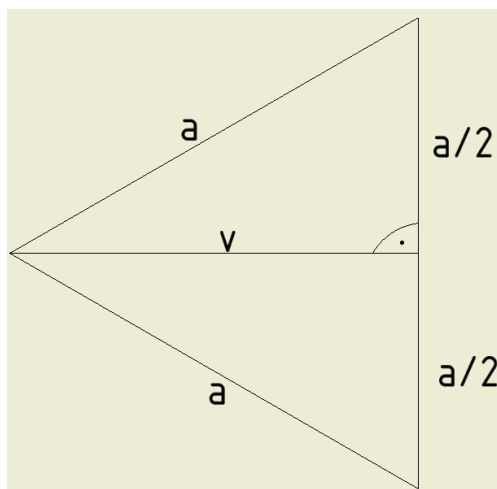


Obr. 37 Uhol sklonu

Maximálny uhol sklonu:

$$\alpha = \arctg \frac{b}{a} = \arctg \frac{9}{216,506} = 2,38^\circ \quad (1)$$

Výpočet je nutné previesť aj v prípade, že dve sady vyrovnávacích podložiek budú nastavené na minime a jedna na maxime (zdvihnutá o 9 mm oproti ostatným).



Obr. 38 Výška rovnostranného trojuholníku

Výška rovnostranného trojuholníka:

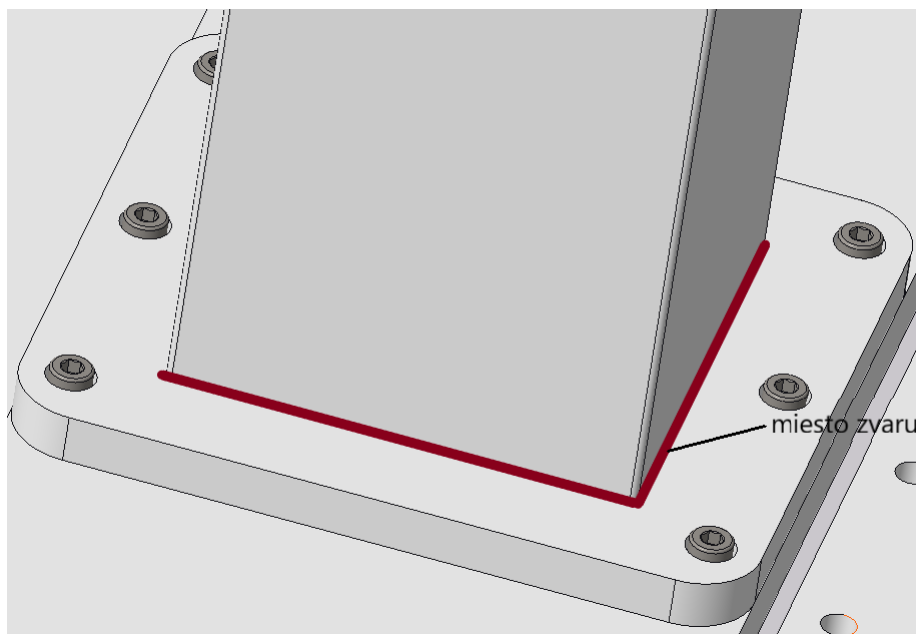
$$v = \sqrt{a^2 - \left(\frac{a}{2}\right)^2} = \sqrt{216,508^2 - \left(\frac{216,508}{2}\right)^2} = 187,499 \quad (2)$$

Uhol sklonu v tomto prípade:

$$\beta = \arctg \frac{b}{v} = \arctg \frac{9}{187,499} = 2,75^\circ \quad (3)$$

6.2 Kontrolné výpočty zvarov

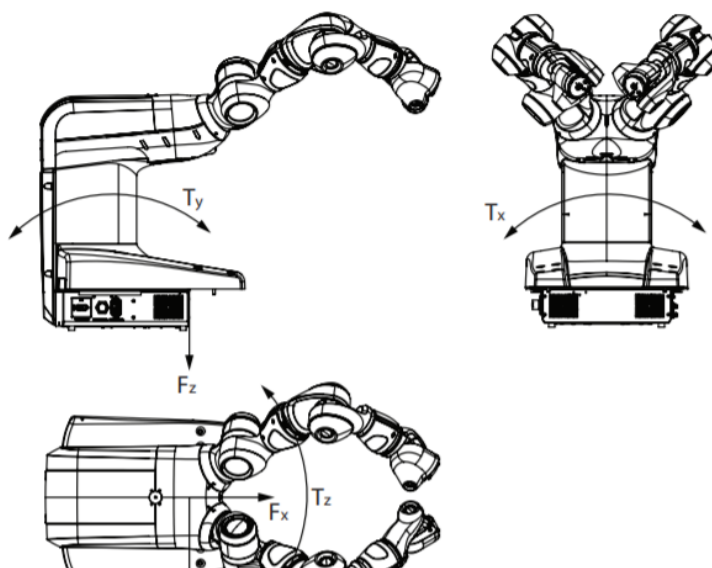
Pevný spoj medzi stĺpom a doskou je vytvorený pomocou zvarového spojenia. Stĺp je zo spodnej časti zvarovaný k doske a z hornej časti ku kruhovej doske. Kontrolovaný bude len v spodnej časti, ktorá je na obrázku vyznačená červenou farbou, pretože ak bude stabilný zvar na dolnej časti konštrukcie, tak rovnaký zvar z hornej strany odľahčený o hmotnosť resp. tiaž stĺpu musí byť tiež stabilný. Materiál z ktorého je vyrobený stĺp a doska je klasická zvariteľná oceľ 11 375 s pevnosťou $Re = 235 \text{ MPa}$.



Obr. 39 Miesto zvaru

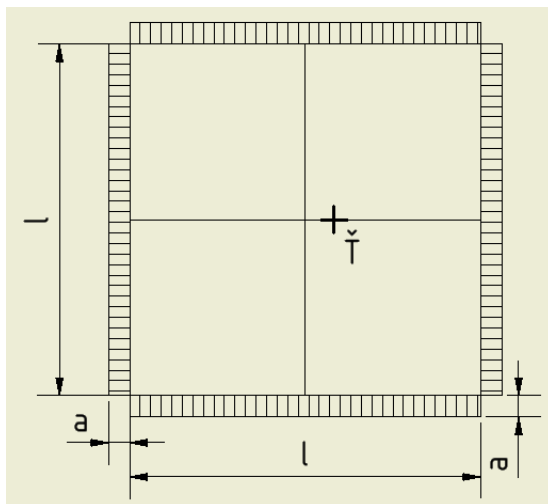
Najdôležitejšie je správne určenie síl pôsobiacich na stĺp. Z katalógu technických parametrov robota YuMi sú prevzaté maximálne možné sily, ktoré môžu pri prevádzke vzniknúť, ktoré sú znázornené na obr. 40.

Force	Endurance load (in operation)	Max. load (emergency stop)
Force x	$\pm 89 \text{ N}$	$\pm 178 \text{ N}$
Force y	$\pm 147 \text{ N}$	$\pm 294 \text{ N}$
Force z	$+380 \pm 140 \text{ N}$	$+380 \pm 280 \text{ N}$
Torque x	$\pm 101 \text{ Nm}$	$\pm 202 \text{ Nm}$
Torque y	$+14 \pm 98 \text{ Nm}$	$+14 \pm 172 \text{ Nm}$
Torque z	$\pm 61 \text{ Nm}$	$\pm 122 \text{ Nm}$



Obr. 40 Maximálne možné sily pôsobiace na YuMiho

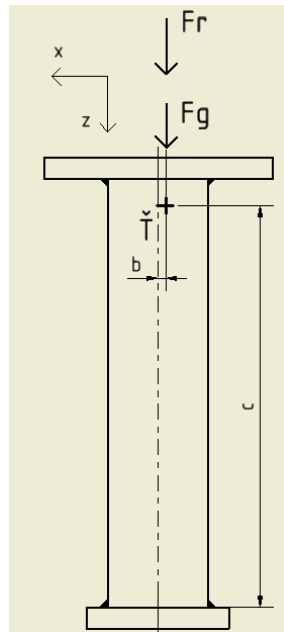
Ďalšou záťažou pôsobiacou na zvary sú gravitačné sily vznikajúce z hmotnosti všetkých komponentov. Pre správny výpočet je nutné určiť pomocou software Creo ťažisko hmôt, ktoré pôsobia na zvar. Do ťažiska budú následne prenesené sily. Väčšina dielov je osovo symetrická, jedinou nesymetrickou časťou je interface, ktorý spôsobí posun ťažiska v jednej ose (označené \checkmark).



Obr. 41 Sklopenie zvarov do pripojovacej roviny

Známe hodnoty :

Sila od hmotnosti dielov:	$F_g = 445 \text{ N}$
Sila od robota v ose z:	$F_r = 660 \text{ N}$
Sila od robota v ose x:	$F_x = 178 \text{ N}$
Sila od robota v ose y:	$F_y = 294 \text{ N}$
Vzdialenosť b:	$b = 11,5 \text{ mm}$
Vzdialenosť c:	$c = 562 \text{ mm}$
Dĺžka zvaru l:	$l = 140 \text{ mm}$
Nosný prierez zvaru a:	$a = 4 \text{ mm}$
Medza stlačiteľnosti:	$R_e = 235 \text{ MPa}$
Prevodový koeficient k_1 :	$k_1 = 0,9$
Prevodový koeficient k_2 :	$k_2 = 0,8$

Výpočet v ose x a ose z:

Obr. 42 Zat'azenie v smere osi x a osi z

Napätia v zvaroch:

$$\tau_{\perp Fz} = \frac{F_z}{2 \cdot S_v} = \frac{F_g + F_r}{2 \cdot a \cdot l} = \frac{445 + 660}{2 \cdot 4 \cdot 140} = 0,987 \text{ MPa} \quad (4)$$

$$\tau_{\parallel Fx} = \frac{F_x}{2 \cdot S_v} = \frac{F_x}{2 \cdot a \cdot l} = \frac{178}{2 \cdot 4 \cdot 140} = 0,159 \text{ MPa} \quad (5)$$

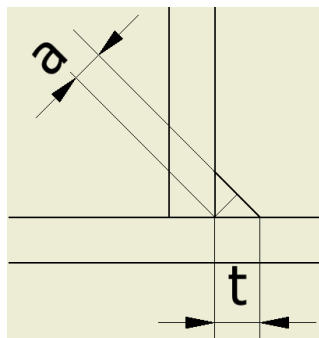
$$\tau_{\perp MoFx} = \frac{F_x \cdot c}{2 \cdot Wo_{Sv}} = \frac{178 \cdot 562}{2 \cdot 1/6 \cdot a \cdot l^2} = \frac{100036}{2 \cdot 1/6 \cdot 4 \cdot 140^2} = 1,914 \text{ MPa} \quad (6)$$

$$\tau_{\perp MoFz} = \frac{F_z \cdot b}{2 \cdot Wo_{Sv}} = \frac{1105 \cdot 11,5}{2 \cdot 1/6 \cdot a \cdot l^2} = \frac{12707,5}{2 \cdot 1/6 \cdot 4 \cdot 140^2} = 0,486 \text{ MPa} \quad (7)$$

Redukované napätie:

$$\sigma_{RED} = \sqrt{\left(\frac{\tau_{\perp Fz} + \tau_{\perp MoFx} - \tau_{\perp MoFz}}{k_1}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{\parallel Fx}}{k_2}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{0,987 + 1,914 - 0,486}{0,9}\right)^2 + \left(\frac{0,159}{0,8}\right)^2} = 2,69 \text{ MPa} \quad (8)$$

Veľkosť zvaru:



Obr. 43 Veľkosť zvaru t

$$t = \frac{a}{0,7} = \frac{4}{0,7} = 5,714 \quad (9)$$

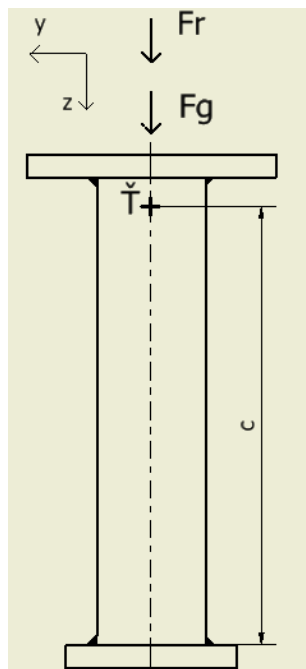
Súčiniteľ veľkosti zvaru:

$$t < 10 \rightarrow \beta = 1,3 - 0,03 \cdot t = 1,3 - 0,03 \cdot 5,714 = 1,129 \quad (10)$$

Bezpečnosť:

$$k_s = \frac{\beta \cdot Re}{\sigma_{RED}} = \frac{1,129 \cdot 235}{2,69} = 98,63 \quad (11)$$

Výpočet v ose y a ose z:



Obr. 44 Zaťaženie v ose y ose z

Napätia v zvaroch:

$$\tau_{\perp Fz} = \frac{F_z}{2 \cdot S_v} = \frac{F_g + F_r}{2 \cdot a \cdot l} = \frac{445 + 660}{2 \cdot 4 \cdot 140} = 0,987 \text{ MPa} \quad (12)$$

$$\tau_{\parallel Fy} = \frac{F_y}{2 \cdot S_v} = \frac{F_y}{2 \cdot a \cdot l} = \frac{294}{2 \cdot 4 \cdot 140} = 0,263 \text{ MPa} \quad (13)$$

$$\tau_{\perp MoFy} = \frac{F_y \cdot c}{2 \cdot W_{oFy}} = \frac{294 \cdot 562}{2 \cdot 1/6 \cdot a \cdot l^2} = \frac{165228}{2 \cdot 1/6 \cdot 4 \cdot 140^2} = 6,323 \text{ MPa} \quad (14)$$

Redukované napätie:

$$\sigma_{RED} = \sqrt{\left(\frac{\tau_{\perp Fz} + \tau_{\perp MoFy}}{k_1} \right)^2 + \left(\frac{\tau_{\parallel Fy}}{k_2} \right)^2} = \sqrt{\left(\frac{0,987 + 6,323}{0,9} \right)^2 + \left(\frac{0,263}{0,8} \right)^2} = 8,128 \text{ MPa} \quad (15)$$

Bezpečnosť:

$$k_s = \frac{\beta \cdot Re}{\sigma_{RED}} = \frac{1,129 \cdot 235}{8,128} = 32,642 \quad (16)$$

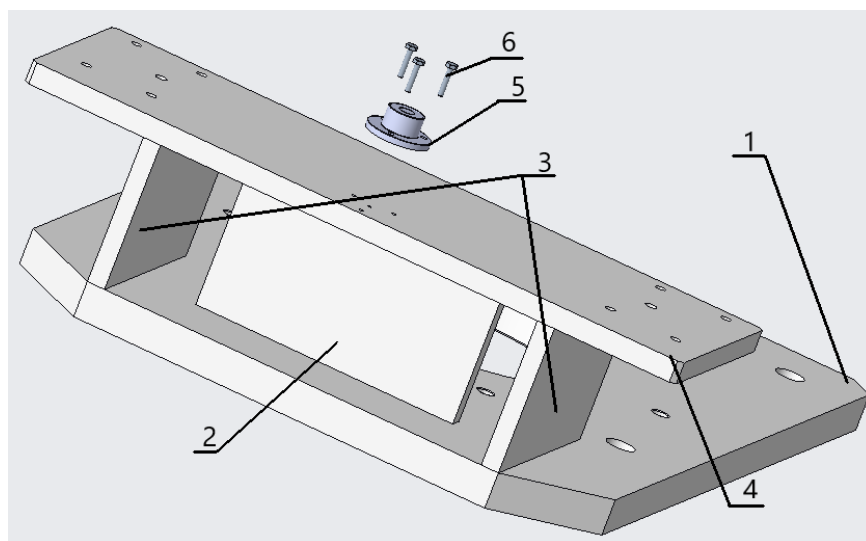
Z výpočtov zvarov plynie, že zvary sú dobre nadimenzované. To však platí len pri prevádzke, keď je dokovacia stanica pripevnená k rámu výrobnéj linky. Problém by mohol vzniknúť pri prípadnom premiestňovaní dokovacej stanice spolu s robotom. Tieto sily sú veľmi ťažko definovateľné. Preto by bolo vhodné robota inštalovať k stanici až pri pracovisku.

7 Montážny postup

Táto kapitola sa zaoberá montážnym postupom dokovacej stanice. Konštrukcia je rozdelená na tri podzostavy, kde sa postupne montuje každá podzostava až do konečnej podoby celej dokovacej stanice. Podzostavy odpovedajú výkresovej dokumentácii, kde je konštrukcia rozdelená na rovnaké tri podzostavy. Montáž neuvažuje technológiu ani postup zvárania. Vzhľadom na to, že zvarať dokáže len obmedzený počet kvalifikovaných ľudí a po zváraní nasleduje lakovanie tak je pravdepodobné, že sa nebude vykonávať s montážou ostatných dielov v jeden deň. V postupe sú v zátvorkách uvedené popisné čísla z obrázkov.

7.1 Montáž interface

Interface sa skladá z dosky a plechov. Okrem týchto dielov sa v tejto časti pripevní aj libela. Postup sa nachádza pod obr. 45.



Obr. 45 Postup montáže interface

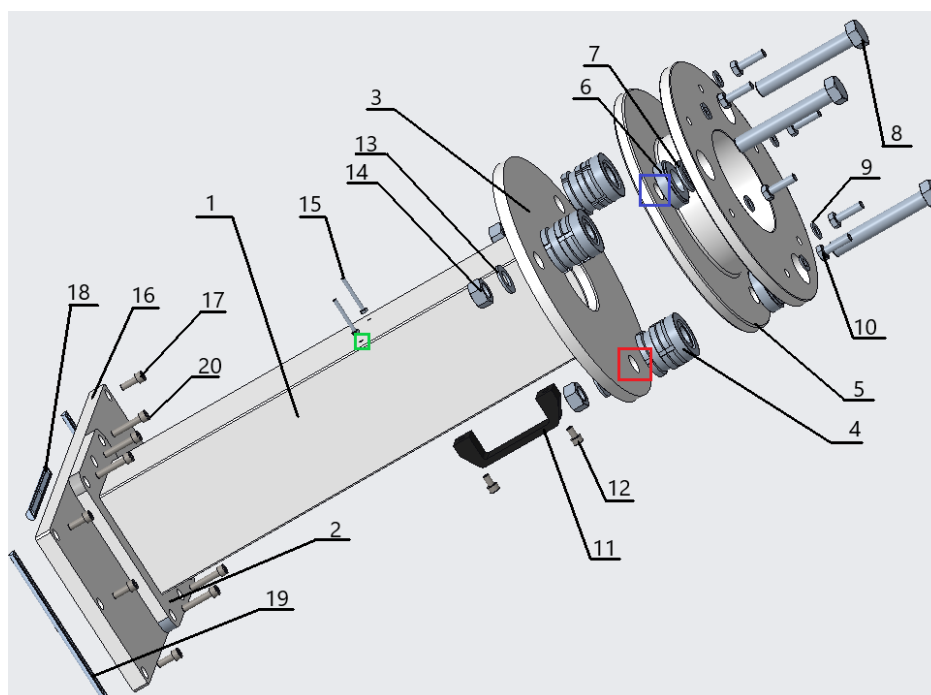
Postup:

- 1) Zvariť plechy (3) k doske (1).
- 2) Zvariť plech (2) k doske (1).
- 3) Zvariť plech (4) k plechom (3) a plechom (2).

- 4) Položiť libelu (3) na plech (4).
- 5) Vložiť skrutky M3x16 (6) do dier na libele a plechu (3) a dotiahnuť.

7.2 Montáž stĺpu a vyrovnávacích prvkov

Montáž druhej podzostavy je náročnejšia, pretože sa skladá z viacerých komponentov. Montáž začína zvaranými súčiastkami, následne sú pripojené vyrovnávacie prvky s prírubou a spojovací materiál.



Obr. 46 Postup montáže stĺpu a vyrovnávacích podložiek

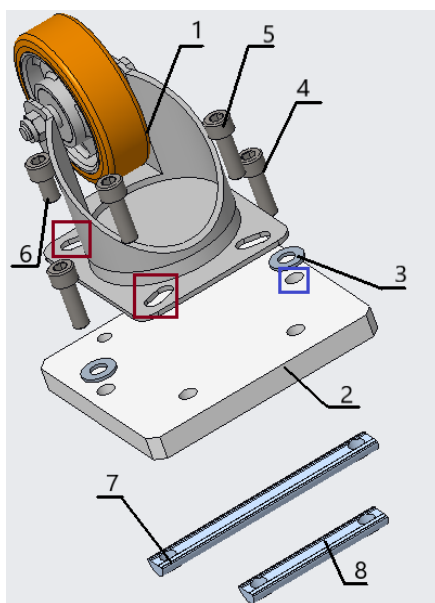
Postup:

- 1) Vložiť skrutky pre držiak teachpendantu robota YuMi do dier stĺpu (15) (jedna z dier je na obr. 46 označená zelenou farbou).
- 2) K stĺpu zvariť kruhovú dosku (3) zo správnej strany stĺpu (podľa obr. 46).
- 3) Z druhej strany stĺpu (1) zvariť dosku (2).
- 4) Po zvarení nasleduje lakovanie podľa výkresu podzostavy.
- 5) Po zaschnutí lakovacej vrstvy madlo (11) oprieť o stĺp a pripevniť skrutkami (12).
- 6) Na tri rovnaké vyvrtané diery (jedna z nich je na obr. 46 označená červenou farbou) v kruhovej doske (3) nasadiť vyrovnávacie podložky GN 350.5 (4).

- 7) Prírubu (5) nasadiť správnou stranou (podľa obr. 46) na vyrovnávacie podložky GN 350.5.
- 8) Guľové vyrovnávacie podložky GN 350.3 (6) nasadiť na diery v prírubе (jedna z dier je na obr. 46 označená modrou farbou).
- 9) Podľa predchádzajúceho kroku záťažové podložky GN 6339 (7) nasadiť na guľové vyrovnávacie podložky.
- 10) Skrutkami (8) spojiť prírubu, vyrovnávacie podložky a kruhovú dosku.
- 11) Zo spodnej strany kruhovej dosky (3) nasadiť na skrutky (8) postupne podložky (13) a matice (14) a vytvoriť pevné spojenie príruby s kruhovou doskou.
- 12) Ostatné časti tejto podzostavy doska (16), podložky (9), skrutky (10, 17 a 20) a T-slot matice (18 a 19) budú zmontované postupne s ďalšími komponentami až pri spájaní podzostáv v konečný celok.

7.3 Montáž pojazdových koliesok

Z podzostavy č. 3 na výkrese sa zmontujú ako prvé pojazdové kolieska, pretože montovať ich až po zložení hliníkových profilov by bolo náročnejšie na pracovný priestor vzhľadom na ich umiestnenie na zostave. Na obr. 47 je uvedený postup montáže otočného kolieska. Postup montáže pevného kolieska je rovnaký, preto uvedený nebude.



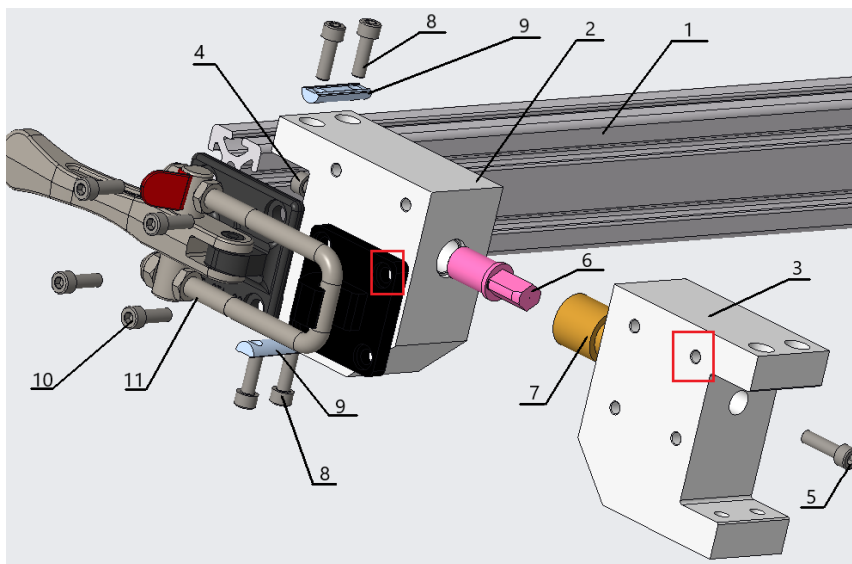
Obr. 47 Montáž otočného kolieska

Postup:

- 1) Pojazdové koliesko (1) nasadiť na dosku (2).
- 2) Podložky (3) navliecť na skrutku (4) prevliecť cez dieru vyznačenú na obr. 47 modrou farbou.
- 3) Skrutky (5 a 6) vložiť do dier vyznačených na obr. 48 červenou farbou.
- 4) Predchádzajúce dva kroky zopakovať vždy pre obe strany.
- 5) Pomocou T-slot matíc (8) vytvoriť pevné spojenie so skrutkami (5), avšak skrutky dotiahnuť na maximálne päť otáčok závit, pretože drážkové matice sa budú nasúvať do hliníkových profilov.
- 6) Predchádzajúci krok zopakovať s T-slot maticami (7) a skrutkami (4).

7.4 Montáž upínacích prvkov

Ďalšou montovanou časťou z tretej podzostavy výkresovej dokumentácie sú upínacie prvky k najdlhšiemu hliníkovému profilu s dĺžkou $l = 580$ mm. Základňa (3) nepatrí do zostavy dokovacej stanice ale k rámu stroja, použije sa len pre správne a presné ustanovenie upínacích prvkov Destaco 385-L.



Obr. 48 Montáž upínacích prvkov

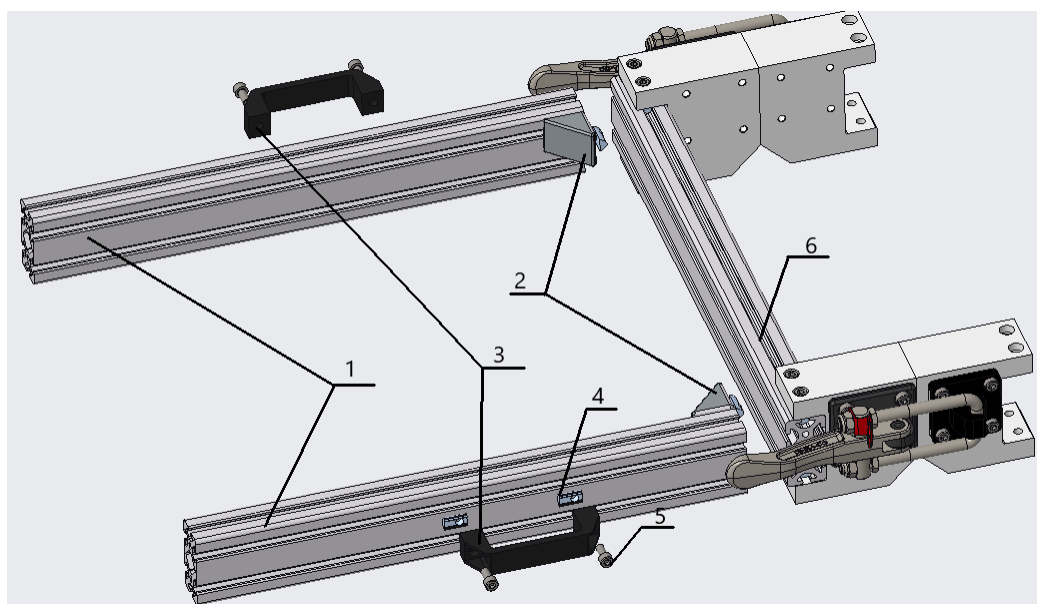
Postup:

- 1) Vložiť čap (6) do upínacej základne (2).

- 2) Z opačnej strany základne vložiť skrutku (4) a vytvoriť pevný spoj s čapom.
- 3) Postup prvých dvoch krokov zopakovať pre druhú základňu (7), skrutku (5) a čap (7).
- 4) Vložiť T-slot matice (9) do drážok hliníkového profilu (1) zhora aj zdola.
- 5) Vložiť skrutky (8) do upínacej základne (2), upínaciu základňu dotlačiť k hliníkovému profilu a skrutky zaistiť pomocou T-slot matíc.
- 6) Posledné dva kroky zopakovať aj z vrchnej strany základne a profilu.
- 7) Upínku destaco (11) pripevniť skrutkami (10) do základne (2).
- 8) Pre správne nastavenie upínky spojiť obidve základne tak, že čapy zapadnú do seba a prípadne použiť tie isté skrutky (10) pre upevnenie aretačnej západky na základňu (3) (jedna z dier je na obr. 48 označená červenou farbou).
- 9) Tento istý postup opakovať aj pre upnutie upínacích prvkov na druhej strane hliníkového profilu.

7.5 Montáž bočného rámu konštrukcie

K predchádzajúcej montáži z podkapitoly 7.4 sa pripoja ďalšie dva diely hliníkového profilu. Následne sa k profilom pripevnia madlá.



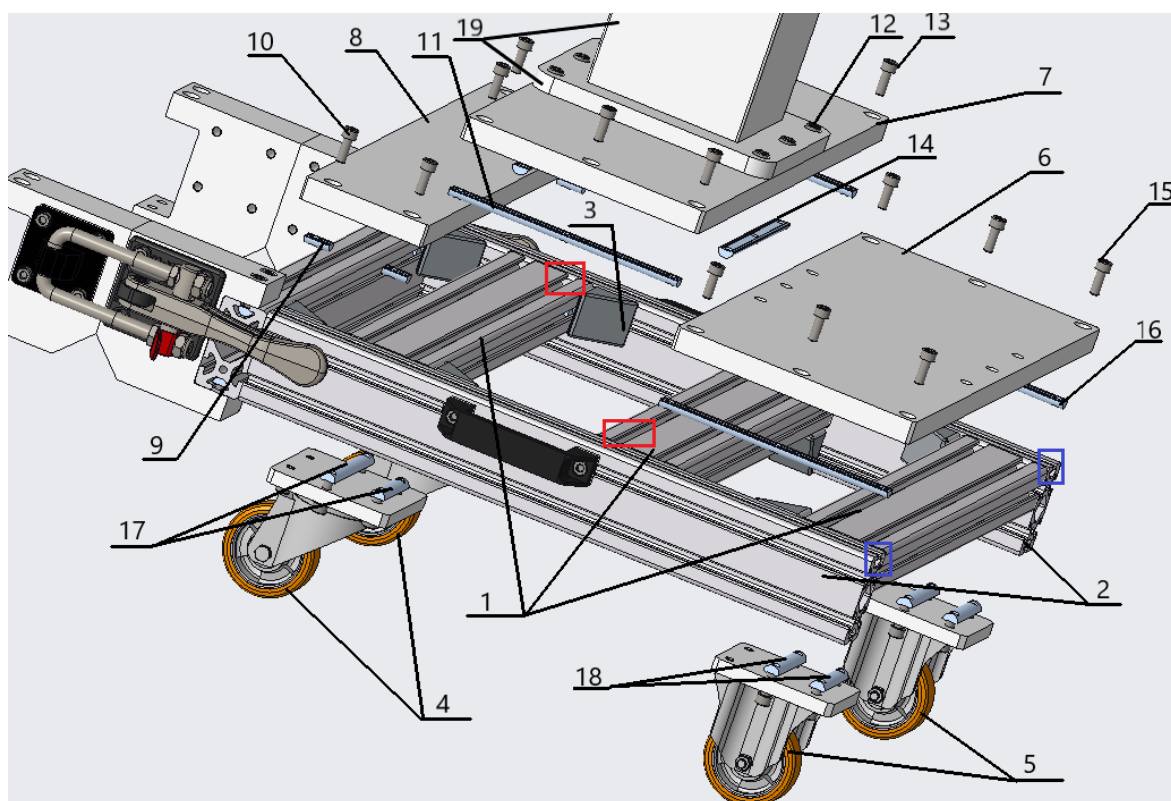
Obr. 49 Montáž bočných profilov

Postup:

- 1) Uhlovú spojku (2) vsunúť do hliníkového profilu (6).
- 2) Rovnakým spôsobom nasunúť hliníkový profil (1) do uhlových spojok.
- 3) Postup opakovať aj s druhým hliníkovým profilom (1).
- 4) Vložiť skrutky (5) do madla (3) a madlo priložiť k hliníkovému profilu (1).
- 5) Vsunúť T-slot matice (4) do drážok hliníkového profilu (1) a spojiť so skrutkami (5).
- 6) Opakovať aj s madlom na druhom hliníkovom profile (1).

7.6 Montáž ďalšej časti rámu

Potom nasleduje montáž profilov, na ktorých sú pripevnené dosky, ku ktorým je zvarený stĺp. Okrem montáže zváranej konštrukcie sa pripoja aj otočné kolieska



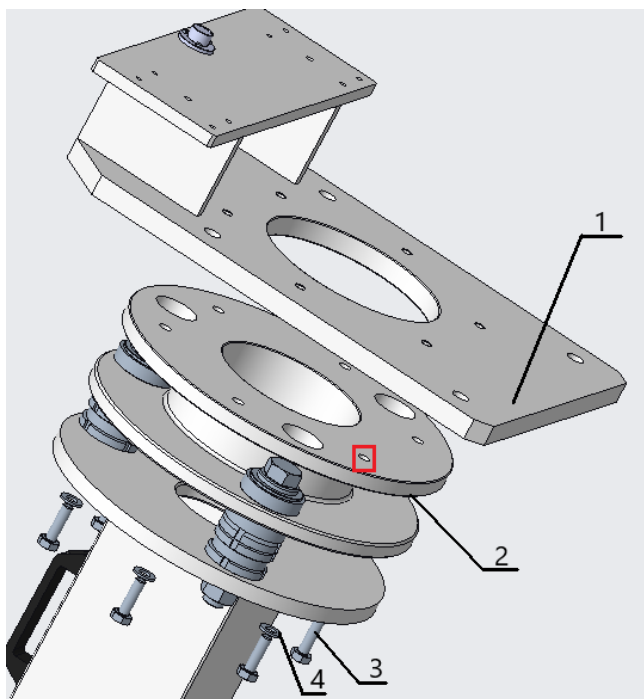
Obr. 50 Pokračovanie montáže

Postup:

- 1) Do drážok hliníkových profilov (1), vložiť T-slot matice (14) (drážky sú označené na obr. 50 červenou farbou).
- 2) Do rovnakých drážok hliníkových profilov (2) (označených na obr. 50 modrou farbou) vložiť postupne T-slot matice (9), T-slot matice (11) a následne T-slot matice (16).
- 3) T-slot matice (17) s otočnými pojazdvými kolieskami (4) nasunúť do drážok hliníkového profilu (1) (na obr. 50 prvý profil z ľavej strany označený číslom 1) a dotiahnutím skrutiek pripevnených na kolieskach pevne spojiť.
- 4) Postup zopakovať pre pevné kolieska (5) do profilu (1) z opačného konca.
- 5) Spojiť hliníkové profily (1) s hliníkovými profilmi (2) pomocou uhlových spojok (3) podľa obr. 50.
- 6) Dosku (8) pripevniť na profily a pevne spojiť skrutkami (10) a T-slot maticami (9).
- 7) Dosku (7) pripevniť na profily a pevne spojiť skrutkami (13) a T-slot maticami (11).
- 8) Na dosku (7) pripevniť celú podzostavu (19) a pevne spojiť skrutkami (12) a T-slot maticami (14).
- 9) Rovnakým spôsobom ako ostatné dosky prichytiť aj dosku (6) na profily pomocou skrutiek (15) a T-slot matic (16).

7.7 Pripojenie interface na prírubu

Poslednou pripojenou časťou dokovacej stanice je interface, na ktorý sa už následne môže inštalovať robot YuMi.



Obr. 51 Montáž interface

Postup:

- 1) Interface (1) položiť na prírubu (2) tak, aby bol robot po primontovaní pripevnený kolmo k pracovnému stolu.
- 2) Podložky (4) nasunúť na skrutky (3).
- 3) Skrutky s podložkami vložiť do dier na prírubu (jedna z dier je označená na obr. 51 červenou farbou) a pevne spojiť s interface.

8 Ekonomické zhodnotenie

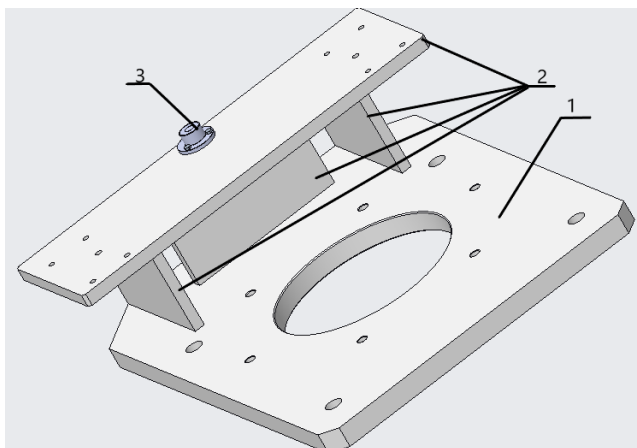
V tejto kapitole budú vytvorené hrubé odhady cien vyrábaných a po konzultácií s výrobcami aj približné ceny nakupovaných komponentov. Ceny sú uvedené v tabuľkách jednotlivo pre každú podzostavu. Konštrukcia je celkovo rozdelená na tri podzostavy. Prvou podzostavou je interface pod robota YuMi, druhou je zváraná časť konštrukcie pozostávajúca zo stĺpu, dosiek, príruby a vyrovnávacích podložiek a poslednou podzostavou je spodná časť konštrukcie kde sú hlavným komponentom hliníkové profily. Okrem toho je ešte urobená tabuľka za náklady na spojovací materiál.

8.1 Náklady za prvú podzostavu

Jednotlivé odhadované ceny komponentov prvej podzostavy sú uvedené v tab. 7 náklady za prvú podzostavu a sú uvádzané v českých korunách.

Tab. 7 Náklady za prvú podzostavu

Č.	Názov	Hrubý rozmer [mm]	Počet kusov	Cena bez DPH [CZK]
1	Základová doska	475 x 345 x 20	1	2000
2	Hliníkové plechy	t=10	4	2000
3	Libela	—	1	80
	Zvaranie	-	-	1000
Σ				5080



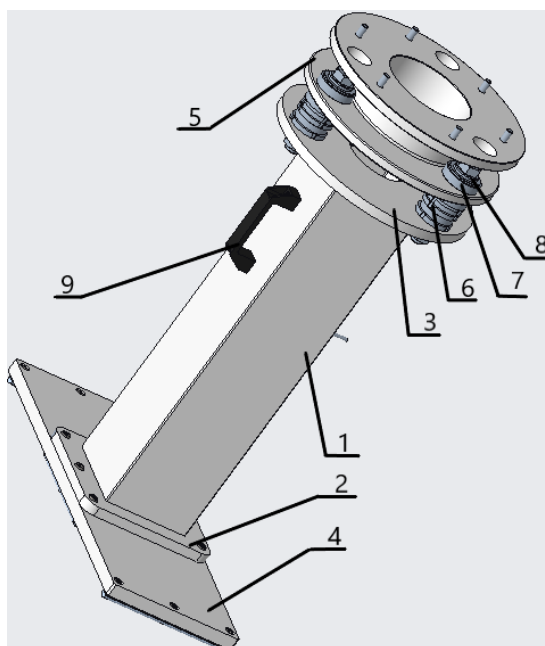
Obr. 52 Prvá podzostava

8.2 Náklady za druhú podzostavu

Jednotlivé odhadované ceny komponentov druhej podzostavy sú uvedené v tab. 8 a sú uvádzané v českých korunách. Na konci tabuľky je cena za zváranie.

Tab. 8 Náklady za druhú podzostavu

Č.	Názov	Hrubý rozmer [mm]	Počet kusov	Cena bez DPH [CZK]
1	Stĺp	□140 x 6 x 600	1	800
2	Oceľová doska	220 x 200 x 15	1	1000
3	Kruhová oceľová doska	Ø320 x 15	1	2500
4	Hliníkové dosky	570 x 220 x 20	2	3000
5	Príruba	Ø320 x 80	1	4000
6	Vyrovnávacie podložky GN 350.5	—	3	7800
7	Vyrovnávacie podložky GN 350.3	—	3	1500
8	Závažové podložky GN 6339	—	3	120
9	Madlo	—	1	150
	Zváranie			1000
Σ				21 870



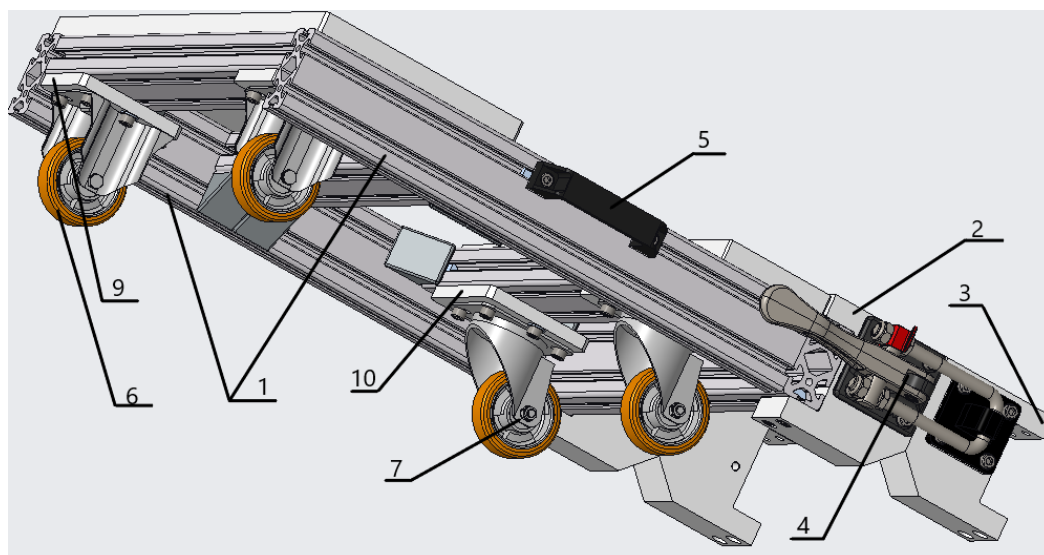
Obr. 53 Druhá podzostava

8.3 Náklady za tretiu podzostavu

Jednotlivé odhadované ceny komponentov tretej podzostavy sú uvedené v tab. 9 a sú uvádzané v českých korunách.

Tab. 9 Náklady za tretiu podzostavu

Č.	Názov	Hrubý rozmer [mm]	Počet kusov	Cena bez DPH [CZK]
1	Hliníkové profily	80 x 40 x L	6	2000
2	Hliníkové základne dok. stanice	125 x 124 x 60	2	800
3	Hliníkové základne výrobnéj linky	124 x 118 x 60	2	800
4	Upínacie svorky	–	2	500
5	Madlá	–	2	300
6	Pojazdové pevné kolieska	–	2	500
7	Pojazdové otočné kolieska	–	2	700
8	Hliníková doska	570 x 113 x 20	1	750
9	Podložky pod pevné kolieska	110 x 90 x 12	2	400
10	Podložky pod otočné kolieska	125 x 110 x 12	2	400
Σ				7150



Obr. 54 Tretia podzostava

8.4 Náklady za spojovací materiál

V tejto tabuľke sa nachádzajú odhadované ceny spojovacieho materiálu celej dokovacej stanice. Nie sú však uvedené všetky rozmery, ale len norma spojovacieho materiálu, pretože by tabuľka bola veľmi rozsiahla.

Tab. 10 Náklady za spojovací materiál

Typ spojovacieho materiálu	Norma	Počet kusov	Cena bez DPH [CZK]
skrutka so šesťhrannou hlavou	ČSN 02 1101	14	100
Skrutka s vnútorným šesťhranom	ČSN 02 1143	80	600
podložka	ČSN 02 1702	17	70
matica	ČSN 02 1401	3	40
T-slot matice	–	18	400
uhlové spojky	–	10	400
Σ			1610

Po spočítaní nákladov každého komponentu v každej podzostave vyšla výsledná suma za celú konštrukciu na približne 35 710 CZK.

9 Záver

Cieľom práce bolo navrhnúť dokovaciu stanicu pre robota YuMi. Hlavnou úlohou alebo funkciou dokovacej stanice bolo čo najpresnejšie zabezpečiť nastavenie vodorovnej polohy robota. V úvodnej časti bol popísaný robot YuMi, hlavne jeho vlastnosti a parametre. Ďalej bol vykonaný prieskum trhu dostupných možností pre nastavenie vodorovnej polohy. Práca vychádza už z existujúceho riešenia a podľa toho bol aj vytvorený požiadavkový list. Stávajúce riešenie bolo navrhnuté pre robota UR 10 a preto sa muselo vykonať viacero konštrukčných úprav.

V druhej časti boli navrhnuté tri varianty riešení. Varianty sa líšia v spôsobe nastavenia vodorovnej polohy. Variant A využíva možnosť nastavenia vodorovnej polohy pomocou pryžových silentblokov, variant B pomocou vyrovnávacích podložiek a posledný variant C pomocou integrovaných pojazdových koliesok. Pre výber optimálnej varianty bola použitá kritériálna analýza. Podľa tejto analýzy bol ako vhodný variant navrhnutý variant B s vyrovnávacími podložkami.

V ďalšej časti bola podrobne rozobraná konštrukcia optimálnej navrhutej varianty. Rámom konštrukcie sú hliníkové profily, ktoré sú pripevnené na pojazdových kolieskach, čo bola jedna z požiadaviek. Po bokoch rámu sú pripevnené madla pre lepšiu manipuláciu pri prípadnej montáži alebo premiestňovaní. Na ráme konštrukcie sa nachádza zváraná časť, tvorená stĺpom a doskami a prírubou a samotnými vyrovnávacími podložkami. Na samom vrchu konštrukcie sa nachádza interface vytvorený pre robota YuMi. Po rozobraní vhodnej varianty nasledovali kontrolné výpočty zvarov a nastavenia vodorovnej polohy. Z výpočtov zvarov vyplýva, že konštrukcia je dostatočne bezpečná a z výpočtov uhlu nastavenia polohy, že bola splnená podmienka pre možnosť nastavenia minimálne o 2 stupne, pretože podložky sú schopné zaistiť vyrovnanie sklonu o minimálne $2,38^\circ$.

V poslednej časti práce sa riešila montáž konštrukcie a na záver aj ekonomické zhodnotenie. Vzhľadom na počet komponentov je montáž dosť dlhá. Tabuľky pre odhad ceny boli vytvorené buď po konzultáciách s výrobcami dodávaných komponentov alebo podľa dostupných cien na internete. Tabuľky pre vyrábané komponenty sú odhadom autora podľa približného počtu vykonaných operácií a vzhľadom na neskúsenosť môžu byť niektoré ceny nepresné.

Zoznam použitej literatúry

- [1] VÁVRA, Pavel. Strojnícke tabuľky: pre školy technického zamerania. 4., upr. vyd. Bratislava: Alfa-press, 2003. ISBN 80-89004-69-5.
- [2] KALÁB, Květoslav. Části a mechanismy strojů: pro 2. ročník bakalářského studia [online]. Ostrava, 2015 [cit. 2018-05-10]. Skriptum. VŠB-TUO.
- [3] KONEČNÝ, Zdeněk. Základy technické dokumentace. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita, 2004. ISBN 80-248-0514-6.
- [4] YuMi – IRB 14000. ABB ROBOTICS [online]. 2016 [cit. 2018-23-10]. Dostupné z: <https://new.abb.com/products/robotics/industrial-robots/irb-14000-yumi>
- [5] Robot UR/10. UNIVERSAL-ROBOTS [online]. 2016 [cit. 2018-23-10]. Dostupné z: <https://www.universal-robots.com/cs/produkty/robot-ur10/>
- [6] Systémy hliníkových profilů. HABERKORN [online]. 2018 [cit. 2018-10-11]. Dostupné z: <https://www.haberkorn.cz/systemy-hlinikovych-profilu/>
- [7] Polohovací prvky. ELESA-GANTER [online]. 2018 [cit. 2018-11-11]. Dostupné z: <https://www.elesa-ganter.cz/webapp/wcs/stores/servlet/cs/b2bstorecze/polohovac%C3%AD-prvky--1002-eg-en-positioning-elements-sales#facet:&productBeginIndex:0&orderBy:&pageView:grid&minPrice:&maxPrice:&pageSize:&>
- [8] Kompaktní a zvedací kladky. BLICKLE [online]. 2017 [cit. 2018-18-11]. Dostupné z: <https://www.blickle.cz/v%C3%BDrobky/v%C3%BDrobn%C3%AD-program/kompaktni-a-zvedaci-kladky>
- [9] Silentbloky. HABERKORN [online]. 2016 [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://eshop.haberkorn.cz/normovane-dily/silentbloky/>
- [10] Manual & pneumatic clamps. DESTACO [online]. 2017 [cit. 2018-09-12]. Dostupné z: <https://www.destaco.com/pull-action-latch-clamps/385>
- [11] Madla. ELESA-GANTER [online]. 2017 [cit. 2018-16-12]. Dostupné z: <https://www.elesa-ganter.cz/cs/b2bstorecze/produkty/madla--1002-eg-en-handles-sales#facet:&productBeginIndex:0&orderBy:&pageView:grid&minPrice:&maxPrice:&pageSize:&>
- [12] Pojazdové kola. ELESA-GANTER [online]. 2018 [cit. 2019-29-01]. Dostupné z: <https://www.elesa-ganter.cz/cs/b2bstorecze/produkty/pojezdov%C3%A1-kola--1002-eg-en-castors-and-wheels-sales#facet:&productBeginIndex:0&orderBy:&pageView:grid&minPrice:&maxPrice:&pageSize:&>
- [13] Trubky a jäckly. FERONA [online]. 2018 [cit. 2019-23-02]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/vyhledavani/316>

-
- [14] EN AW-5754 H114 (AlMg3 W19), EN AW-5754 H12/H22 (AlMg3 F22/G22). ALUNET [online]. [cit. 2019-05-03]. Dostupné z: <http://www.alunet.cz/ENAW-5754>
- [15] Ploché a čtvercové hliníkové tyče. E-HLINIK [online]. 2017 [cit. 2019-01-04]. Dostupné z: <https://www.ehlinik.cz/ploche-a-ctvercove-hlinikove-tyce-plochace-hranoly/kat-K300000101.html>
- [16] Product specification. ABB ROBOTICS IRB 14000 [online]. 2018 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://library.e.abb.com/public/c9f66b2b80bc42bba49c20970bed1b0d/3HAC052982%20PS%20IRB%2014000-en.pdf?x-sign=09i961Kw9WYypn8AUDHOiC8hUT/kTjLE+VudbTeATcD5UcH0biKarKLuRwEL+rKw>

Zoznam príloh

Príloha A: Výkresová dokumentácia

- Zostavný výkres konštrukcie
- Podzostavný výkres interface
- Podzostavný výkres stĺpu
- Podzostavný výkres rámu
- Výrobné výkresy vybraných dielov

Príloha B: CD – Marek Mihálik – Bakalárska práca 2018/2019

Obsah CD:

- Bakalárska práca vo formátoch PDF a DOCX
- 3D modely všetkých variant v programe PTC Creo 4.0
- Výkresy vo formáte PDF a v programe Creo formátu drw